

# **Inzidenz und Risikofaktoren der perioperativen, akzidentiellen Hypothermie am Universitätsklinikum Jena**

**Eine prospektive Kohortenstudie**

Dissertation

zur Erlangung des akademischen Grades  
doctor medicinae (Dr.med.)

vorgelegt

dem Rat der Medizinischen Fakultät  
der Friedrich-Schiller-Universität Jena

von Aljona Evstigneeva  
geb. am 01.12.1990 in Puksoosero, Russland

### **Gutachter**

- 1.
- 2.
- 3.

**Tag der öffentlichen Verteidigung:**

# INHALTSVERZEICHNIS

	Seite
<b>Abkürzungsverzeichnis</b>	<b>6</b>
<b>Zusammenfassung</b>	<b>7</b>
<b>1        Einleitung</b>	<b>9</b>
1.1       Einführung in die Thematik	9
1.2       Physiologie des Wärmehaushaltes	10
1.3       Einfluss der Anästhesie auf den Wärmehaushalt	12
1.3.1     Einfluss der Allgemeinanästhesie	12
1.3.2     Einfluss rückenmarksnaher Verfahren	13
1.4       Indikation und Messorte für die Temperaturmessung	14
1.5       Perioperative Wärmemaßnahmen	15
1.6       Risiken und Komplikationen der intraoperativen Hypothermie	16
1.6.1     Medikamentenmetabolismus	16
1.6.2     Kardiovaskuläres System	16
1.6.3     Hämostase	17
1.6.4     Wundheilung	17
1.6.5     Shivering und thermaler Dyskomfort	18
<b>2        Aufgabenstellung und Ziele der Arbeit</b>	<b>20</b>
<b>3        Material und Methoden</b>	<b>21</b>
3.1       Patientenkollektiv	21
3.2       Patientenerhebungsbogen	22
3.3       Messmethoden	23
3.4       Statistische Auswertung	24
3.5       Literaturrecherche	24

<b>4</b>	<b>Ergebnisse</b>	<b>25</b>
4.1	Patientenmerkmale	25
4.1.1	Geschlecht	25
4.1.2	Patientenalter	26
4.1.3	Body-Mass-Index	28
4.1.4	Vorerkrankungen	29
4.1.5	ASA-Klassifikation	32
4.1.6	Eingangskörpertemperatur	34
4.2	Anästhesiemerkmale	35
4.2.1	Art der Narkoseführung	35
4.2.2	Narkosemedikamente	36
4.2.3	Anwendung von Wärmetherapie	37
4.3	Operationsmerkmale	38
4.3.1	Indikation zur Operation	38
4.3.2	Operationsdauer	39
4.3.3	Fachabteilungen	41
4.3.4	Art des chirurgischen Eingriffs	41
4.3.5	OP-Saaltemperatur zum Schnitt und zur Naht	42
4.4	OP-Zeiten	44
4.4.1	Zeit vom Einschleusen bis zum Anästhesiebeginn	44
4.4.2	Zeit vom Anästhesiebeginn bis zur Freigabe	45
4.4.3	Zeit von der Freigabe bis zum Schnitt	46
4.4.4	Zeit von der Naht bis zur Verlegung Aufwachraum/Intensivstation	47
4.4.5	Zeit von Beginn bis Ende Aufwachraum	48
<b>5</b>	<b>Diskussion</b>	<b>50</b>
5.1	Bewertung der Inzidenz	50
5.2	Patientenmerkmale	51
5.3	Anästhesiemerkmale	55
5.4	Operationsmerkmale	61
5.5	Methodenkritik und Limitationen	65

<b>6</b>	<b>Schlussfolgerung</b>	<b>67</b>
<b>7</b>	<b>Literatur- und Quellenverzeichnis</b>	<b>69</b>
<b>8</b>	<b>Anhang</b>	
8.1	Abbildungsverzeichnis	76
8.2	Tabellenverzeichnis	78
8.3	Patientenfragebogen	79
8.4	Charlson-Komorbiditätsindex	83
8.5	Danksagung	84
8.6	Eidesstattliche Erklärung	85

## **Abkürzungsverzeichnis**

ASA	American Society of Anesthesiologists, US-amerikanische Fachgesellschaft für Anästhesiologie
AVGC	Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie
AWR	Aufwachraum
HTC	Herz- und Thoraxchirurgie
ITS	Intensivstation
KKT	Körperkerntemperatur
MAC	Minimale alveoläre Konzentration
min	Minuten
NCH	Neurochirurgie
OP	Operation
OR	Odds Ratio=Quotenverhältnis
pAVK	periphere arterielle Verschlusskrankheit
PDA	Periduralanästhesie
PTT	Thromboplastinzeit
PTZ	Plasma-Thrombin-Zeit
SPA	Spinalanästhesie
TEP	Totalendoprothese
TIVA	totale intravenöse Anästhesie
TURB	transurethrale Blasenresektion
UCH	Unfallchirurgie
WT	Warm Touch
ZOP	Zentral-OP

## **Zusammenfassung**

Innerhalb der letzten Jahre wurden viele neue Erkenntnisse auf dem Gebiet der Thermoregulation in der Anästhesie gemacht. Allerdings ist die intraoperative Temperaturmessung noch immer kein Standard in Europa und nicht vollständig in das Bewusstsein des medizinischen Personals gelangt.

Die durchschnittliche Körpertemperatur des Menschen beträgt 37,0°C und wird durch den Hypothalamus, ein zentrales Steuerorgan, in engen Grenzen von 0,2-0,3°C konstant gehalten. Gegenregulatorische Maßnahmen wie Muskelzittern, Vasokonstriktion, Schwitzen und Vasodilatation stehen dem Organismus für die Homöostase zur Verfügung. Eine Hypothermie tritt definitionsgemäß bei einer Körperkerntemperatur von unter 36,0°C auf.

Intraoperativ ist der physiologische Wärmehaushalt stark verändert. Die Wärmeproduktion ist vermindert, während es durch pharmakologische Einflüsse zu Vasodilatation, Verminderung des Kältezitterns und Störung der zentralen Autoregulation und damit zu erhöhten Wärmeverlusten kommt. Dies führt zum kontinuierlichen Absinken der Körperkerntemperatur während der ersten vier Stunden in Narkose. Dabei greifen, wenn auch in verschiedenem Maße, sowohl Allgemein- als auch Regionalanästhesie in die Homöostase ein.

Intraoperative Hypothermie geht mit verschiedenen postoperativen Risiken und Komplikationen einher. Unter anderem konnte gezeigt werden, dass es durch perioperative Unterkühlung zu erhöhten Blutverlusten mit gesteigerten Transfusionsraten, einer erhöhten Rate an postoperativen Wundinfektionen, kardiovaskulären Ereignissen wie Myokardinfarkten und Rhythmusstörungen, Gerinnungsstörungen und thermalem Dyskomfort und Shivering kommt.

Die vorliegende Arbeit hat die Inzidenz und Risikofaktoren der perioperativen, akzidentiellen Hypothermie an 302 Fällen am Universitätsklinikum Jena untersucht. Alle notwendigen Daten wurden in einem Fallerhebungsbogen erfasst und mit dem Statistikprogramm SPSS ausgewertet.

Die Gesamtinzidenz der perioperativen Hypothermie betrug 32,8%. Dabei gab es keine signifikanten Unterschiede hinsichtlich des Geschlechts, des Alters und des Body-Mass-Index. Seitens der Patientenmerkmale konnten eine ASA-Klassifikation von größer I und eine niedrige Körperkerntemperatur  $\leq 36,4^{\circ}\text{C}$  beim Einschleusen in den Operationstrakt als Risikofaktoren identifiziert werden.

Auch bestimmte Anästhesiebedingungen hatten einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer Hypothermie. Die Kombination von Allgemein- und Regionalanästhesie ging signifikant häufiger mit einer Hypothermie einher. Ob die Allgemeinanästhesie mit volatilen oder intravenösen Anästhetika geführt wurde, spielte hierbei keine Rolle. Die Wahl von aktiven oder passiven Wärmemaßnahmen hatte keinen signifikanten Einfluss.

Weiterhin gingen eine lange OP-Dauer, Eingriffe in der Herz- und Thoraxchirurgie, Thorakotomien, eine niedrige Saaltemperatur zum Schnitt und zur Naht und eine längere Dauer des Zeitraumes von Anästhesiefreigabe bis zum Schnitt mit einem erhöhten Risiko für intraoperative Auskühlung einher. Diese Ergebnisse stehen im Wesentlichen im Einklang mit Studien anderer Autoren.

In klinischen Setting sollte das Risikoprofil für die Entstehung einer Hypothermie bekannt sein, um geeignete Maßnahmen ergreifen zu können. Ein intraoperatives Temperaturmonitoring ist bei Eingriffen, die länger als 30 Minuten dauern, unabdingbar. Patienten sollten spätestens zum Zeitpunkt des Einschleusen einem adäquaten Wärmemanagement zugeführt werden. Eine präoperative, 30-60-minütige aktive Erwärmung mittels Forced-Air-Warming (Warm Touch, Bair Hugger), die bereits vor dem Einschleusen in den Operationstrakt erfolgen kann, wird empfohlen. Sie sollte intraoperativ bei Eingriffen, die länger als 30 Minuten dauern, fortgeführt werden.



## **1 Einleitung**

### **1.1 Einführung in die Thematik**

Innerhalb der letzten Jahre wurden viele neue Erkenntnisse und Fortschritte auf dem Gebiet der Thermoregulation in der Anästhesie gemacht. In dieser Zeit stieg das Bewusstsein für die Notwendigkeit des Monitorings der intraoperativen Körpertemperatur von Patienten. Dies spielt sowohl bei der Allgemeinanästhesie, als auch bei regionalen Anästhesieverfahren und ebenfalls in der Notfallmedizin eine bedeutende Rolle (Fox et al. 2008). Doch noch immer ist die intraoperative Temperaturmessung kein Standard in Europa (Torossian und Group 2007) und auch bei nicht-ärztlichem Personal mangelt es an Kenntnissen bezüglich der möglichen Folgen (Giuliano und Hendricks 2017).

Die normale, durchschnittliche Körpertemperatur des Menschen beträgt 37,0°C (Sund-Levander et al. 2002) und wird durch verschiedene Mechanismen des Organismus in einem engen Rahmen von ca. 0,2-0,3°C konstant gehalten (Sessler 2016). Sinkt die messbare Temperatur unter 36,0°C, spricht man definitionsgemäß von einer Hypothermie (Forbes et al. 2009).

Die Relevanz der Temperaturüberwachung während operativer Maßnahmen ist unbestritten. Die Auskühlung eines Patienten im Rahmen von Operationen stellt ein Phänomen dar, das häufig auftritt, aber dennoch zu wenig Beachtung im Hinblick auf die möglichen Folgen findet. Das gesamte operative und postoperative Ergebnis wird durch eine auftretende Hypothermie wesentlich beeinflusst. Mittlerweise gibt es zahlreiche geeignete prophylaktische und therapeutische Maßnahmen, die Wärmeverluste minimieren oder gar vermeiden können. Damit diese im klinischen Alltag adäquat und individuell, je nach gesundheitlichem Status, Alter, Konstitution und Risikoprofil angewendet werden können, müssen Menschen mit einer erhöhten Gefahr für prä-, peri- und postoperativen Wärmeverlust erkannt werden und ein besonderes Augenmerk erhalten. So ist es möglich, präventiv einzugreifen und Einfluss zu nehmen auf das Outcome und die Kosten für die Behandlung möglicher Folgen (Torossian et al. 2015).

Deutlich abzugrenzen von der akzidentiellen ist die therapeutische Hypothermie. Darunter versteht man die als medizinische Maßnahme indizierte, ärztlich herbeigeführte Hypothermie in einem Rahmen von 32-34°C (Australian Resuscitation und New Zealand Resuscitation 2011). Diese wird unter anderem bei Patienten mit

zerebralen Ischämien angewandt, um das Ausmaß des Gewebeuntergangs zu reduzieren und das neurologische Outcome zu verbessern (Arrich et al. 2016). Andere Indikationen für Kühlung als therapeutische Maßnahme sind Schädel-Hirn-Traumata, erhöhte intrakranielle Drücke und die Postreanimationsphase (Yu et al. 2015). Auch intraoperativ wird z.B. bei Operationen an der Herz-Lungen-Maschine, bei der das Herz durch Kardioplegie zum Stillstand gebracht wird, gezielt eine zeitweise Hypothermie induziert.

Die vorliegende Arbeit beschäftigt sich dagegen mit der akzidentiellen, perioperativen Hypothermie.

## **1.2 Physiologie des Wärmehaushaltes**

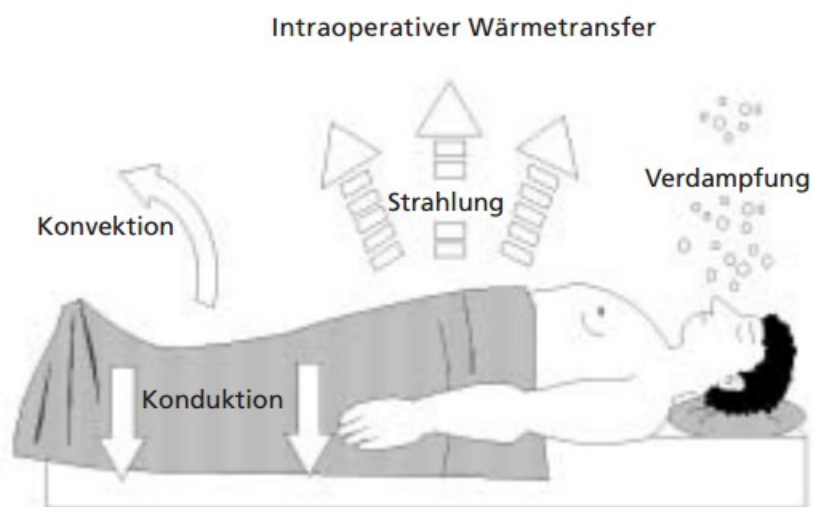
Die Temperatur des menschlichen Körpers wird in engen Grenzen streng reguliert. Die Temperaturverteilung beim Menschen ist geprägt durch einen wärmeren Körperkern mit ca. 37°C, und der mit 31-33°C deutlich kälteren Körperperipherie (Horn und Torossian 2010).

Das zentrale Steuerorgan, das die Regulation der Körperkerntemperatur übernimmt und diese innerhalb eines schmalen Bereiches hält, ist der Hypothalamus. Er ist Teil des Zwischenhirns, Steuerzentrum des vegetativen Nervensystems und wichtigstes Organ zur Aufrechterhaltung der Homöostase. Neben der Kontrolle der Temperatur spielt der Hypothalamus auch eine große Rolle bei der Regulation der Nahrungs- und Wasseraufnahme, der zirkadianen Rhythmik und Steuerung von Blutdruck sowie Osmolarität. Er ist als komplexes Organ in der Lage, den Sollwert zu registrieren und die Körperkerntemperatur in einem relativ schmalen Bereich von ca. 0,2-0,3°C (Neutralzone) konstant zu halten (Kurz 2008). Der Sollwert ist der Wert, bei dem Kälte- und Wärmerezeptoren gleichermaßen wenig erregt werden und gegenregulatorische Mechanismen ausgeschaltet sind. Weitere Thermorezeptoren befinden sich beim Menschen im Rückenmark und der Haut. Wird nun eine Differenz zwischen Soll- und Istwert registriert, so stehen dem Organismus zahlreiche Methoden zur Gegenregulation zur Verfügung. Maßnahmen wie Muskelzittern, Steigerung des Stoffwechsels durch biochemische Thermogenese und periphere Vasokonstriktion dienen dem Erhalt der Körpertemperatur und können bei drohendem Absinken dieser ergriffen werden (Nakajima et al. 2000). Sie werden schon bei einer Temperaturdifferenz von mehr als 0,5°C eingesetzt.

Weiterhin ist es möglich, bei drohendem Temperaturanstieg durch Schwitzen und periphere Vasodilatation Wärme an die Umgebung abzugeben (Cramer und Jay 2016). So kommt es erst bei Ausschöpfung der regulativen Maßnahmen zum Anstieg oder Abfall der Körperkerntemperatur.

Die Wärmeabgabe erfolgt in der Regel durch vier verschiedene Mechanismen. Die erste ist die Konduktion, unter der die Weiterleitung kinetischer Energie von einem ruhenden Medium auf ein anderes verstanden wird. Die abgegebene Wärmemenge ist hierbei abhängig von der Größe der Austauschfläche, dem Temperaturgradienten zwischen den beiden Medien und der Austauschzeit (Ivanov und Ermakova 1983). Mittels Konvektion erfolgt der Wärmeaustausch an bewegten Medien, zum Beispiel an Flüssigkeiten oder Gasen. Dies passiert bei entkleideten Patienten, bei denen der umgebende Luftstrom einen Teil der über der Körperoberfläche befindlichen, warmen Luft fortträgt und so zur Abkühlung führt.

Der dritte Mechanismus ist die Evaporation, bei der Wärmeenergie beim Übergang vom flüssigen in den gasförmigen Zustand entsteht, beispielsweise durch Verdunstung über die Schweißdrüsen der Haut (Perspiratio sensibilis) oder die Alveolen der Lunge (Perspiratio insensibilis). Zuletzt wird auch Energie in Form von Radiation, der Wärmestrahlung abgegeben (Schoser und Messmer 1999). Bei der Wärmestrahlung wird Wärme durch elektromagnetische Wellen übertragen. Unter normalen Rahmenbedingungen herrscht ein Gleichgewicht, bei dem die produzierte und aufgenommene mit der abgegebenen Wärmemenge übereinstimmt. Abb.1 zeigt die verschiedenen Mechanismen der perioperativen Wärmeabgabe.

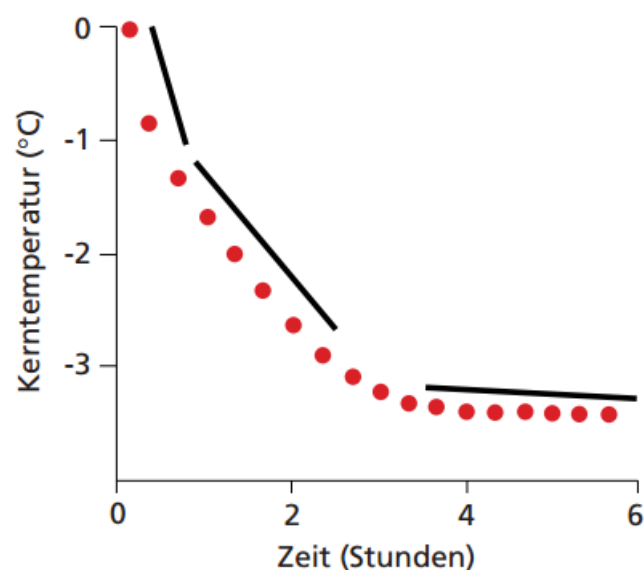


**Abb.1: Mechanismen der perioperativen Wärmeabgabe.** Der intraoperative Wärmeverlust erfolgt durch Konduktion, Konvektion, Evaporation und Wärmestrahlung.

## 1.3 Einfluss der Anästhesie auf den Wärmehaushalt

### 1.3.1 Einfluss der Allgemeinanästhesie

Der intraoperative Wärmeverlust ist ein physiologisches Phänomen, das mit einer negativen Wärmebilanz einhergeht. Zum einen ist während der Narkose die Wärmeproduktion um ca. 30 % vermindert. Es werden stündlich nur noch etwa 60kcal produziert (Schofer und Messmer 1999). Zum anderen kommt es durch die Interaktion verschiedener anästhetischer Medikamente zur einer dosisabhängigen peripheren Vasodilatation, die zu einer Wärmeumverteilung vom warmen Körperkern in die kältere Peripherie führt (Brauer et al. 1998). Gleichzeitig sinkt nicht nur die Vasokonstriktionsschwelle, die Reaktion der glatten Muskulatur ist ebenfalls verlangsamt. Weiterhin verändern Inhalations- und Injektionsanästhetika die physiologischen Grenzwerte der Thermoregulation im Hypothalamus. Dadurch ist dieser nicht mehr in der Lage die Körpertemperatur zu regulieren, die thermische Neutralzone breitet sich auf 34-38°C aus. Der Wärmeverlust hingegen beträgt in etwa 200 kcal/h, sodass es bei einer Wärmeproduktion von 60 kcal/h zu einem Defizit von etwa 140 kcal/h kommt (Horn und Torossian 2010). Dadurch sinkt in der ersten Stunde nach Narkoseeinleitung die Temperatur typischerweise um 1,5-1,6°C ab, während der nächsten 3 Stunden um weitere 1°C pro Stunde, bis sich nach 4 Stunden wieder ein thermisches Gleichgewicht einstellt und die Temperatur nicht weiter absinkt, sondern weitgehend konstant bleibt (Matsukawa et al. 1995). Abb.2 zeigt den typischen Temperaturverlauf während der Allgemeinanästhesie.



**Abb.2: Typischer Temperaturverlauf während der Allgemeinanästhesie.** Der Temperaturabfall beträgt in der ersten Stunde 1,5-1,6°C, danach stündlich ca. 1,0°C. Nach ca. 4 Stunden stellt sich ein Plateau ein und die Temperatur sinkt nicht weiter ab.

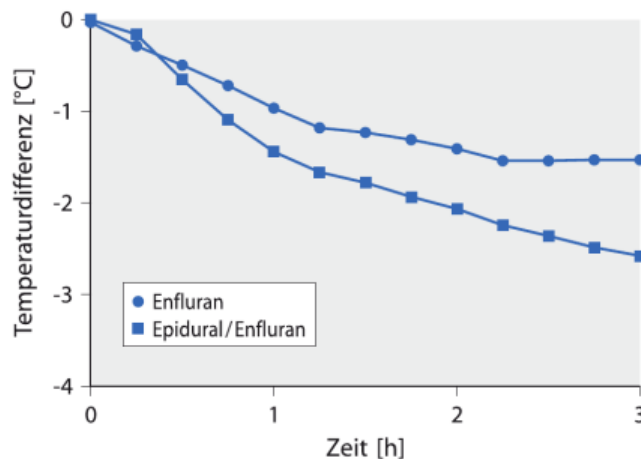
Der Einsatz von Muskelrelaxantien verhindert die mit Hilfe des Muskelzitterns notwendige Wärmeproduktion und führt dazu, dass Wärmeverluste nicht mehr ausreichend kompensiert werden können (Schoser und Messmer 1999). Opiode greifen ebenfalls in die zentrale Autoregulation ein und verhindern das Einsetzen gegenregulatorischer Maßnahmen (Schoser und Messmer 1999). Sie bewirken durch Sympathikus-Hemmung eine Relaxation glatter Muskelfasern, eine Gefäßerweiterung und Wärmeverluste über die Haut. Auch hier vergrößert sich die thermische Neutralzone auf fast 4°C (Diaz und Becker 2010), sodass zu niedrige Temperaturen toleriert werden.

### 1.3.2 Einfluss rückenmarksnaher Verfahren

Bei der rückenmarksnahen Regionalanästhesie kann im Vergleich zur Allgemeinanästhesie keine oder nur verzögert eine Temperaturstabilität beobachtet werden. Das bedeutet, dass auch nach über 3-4 Stunden Anästhesie die Körpertemperatur weiter absinkt und keine Talsohle erreicht wird. Die zentrale Kontrolle der Körpertemperatur wird außer Kraft gesetzt und deutlich zu niedrige Werte toleriert (Emerick et al. 1994).

Ferner führen rückenmarksnahe Verfahren zu einer Sympathikolyse im betroffenen Gebiet, sodass sich hier eine Dilatation der Gefäße und Wärmeverluste über die Haut verzeichnen lassen. Aufgrund einer Fehlinterpretation des Hypothalamus und der mit der Vasodilatation einhergehenden stärkeren Durchblutung und damit Erwärmung der Haut vernehmen die Patienten allerdings ein subjektives Wärmegefühl (Diaz und Becker 2010). Durch die sympathische und motorische Blockade ist das Maximum des Kältezitterns verringert. Bei der Spinalanästhesie wird dies auf Grund des schnelleren Eintritts der Vasodilatation und damit Wärmeumverteilung häufiger und in höherem Ausmaß als bei der Periduralanästhesie beobachtet (Ozaki et al. 1994).

Die Kombination aus Allgemein- und Regionalanästhesie führt zur Addition der Wärmeverluste, sodass es bei einer Narkose unter Allgemein- und beispielsweise Epiduralanästhesie zu einem schnellen und länger anhaltenden Wärmeverlust kommt als bei alleiniger Allgemeinanästhesie (Joris et al. 1994). Die folgende Abbildung zeigt den Vergleich im Temperaturverlauf einer alleinigen balancierten Anästhesie und der Kombination aus Allgemein- und Epiduralanästhesie.



**Abb.3: Temperaturverlauf bei Narkosen mit Enfluran und Enfluran in Kombination mit Epiduralanästhesie.** Bei der Kombination aus Allgemein-und Regionalanästhesie kommt es zum schnellen und stärkeren Absinken der Körpertemperatur als bei einer alleinigen Allgemeinanästhesie.

#### 1.4 Indikation und Messorte für die Temperaturmessung

Die Indikation zur Messung ist prinzipiell bei allen Eingriffen gegeben, die länger als 30 Minuten andauern und mit einer Allgemeinanästhesie oder einem rückenmarksnahen Verfahren einhergehen (Torossian 2008). Weiterhin wird empfohlen, dass alle Patienten mit Risikofaktoren für erhöhten Wärmeverlust und Risikopatienten für maligne Hyperthermie eine Temperaturmessung erhalten (Sessler 2008).

Die Anforderungen an die perfekte Messmethode sind hoch. Im besten Fall ist sie günstig, nicht invasiv, leicht praktikabel, unabhängig, nicht beeinflussbar von Umgebungsbedingungen und gibt die exakte Temperatur des Körperkerns wieder.

Es gibt zahlreiche unterschiedliche Methoden, Messungen in Ösophagus, Pulmonalisarterie und anderen Arterien geben die wahre Körperkerntemperatur sehr präzise wieder und sind hoch sensitiv gegenüber Temperaturänderungen (Akata et al. 2007), können allerdings aus Zeit- und Aufwandgründen nur bei wenigen Patienten realisiert werden. Die Messungen im Nasopharynx, Rektum und Harnblase sind diejenigen, die am häufigsten im klinischen Alltag praktiziert werden. Sie sind nicht invasiv (Harnblase- semiinvasiv), kostengünstig, weit verbreitet, zeitsparend und können an die Umgebungsbedingungen angepasst werden. Besonders bei vesikulärer Messung ist die Übereinstimmung mit der tatsächlichen Körperkerntemperatur hoch (Sessler 2008). Allerdings sind diese Messmethoden nicht völlig störungsfrei und können fehlerbehaftet sein.

Die Temperaturmessung an der Haut ist die am wenigsten invasive, jedoch besteht eine variable Differenz zur Körperkerntemperatur und eine hohe Beeinflussung durch die Umgebungstemperatur (Burgess et al. 1978).

Die ebenfalls nicht invasive Messung im Gehörgang hat sich als Goldstandard der Temperaturmessung beim wachen Patienten etabliert. Durch Platzierung des Thermometers im äußeren Gehörgang oder kontaktlose Infrarotmessung ist es möglich, die aktuelle Körpertemperatur abzubilden.

### **1.5 Perioperative Wärmemaßnahmen**

Schon in der präoperativen Phase sollten Maßnahmen zur Vermeidung von starken Wärmeverlusten erfolgen und somit die Wahrscheinlichkeit der intraoperativen Hypothermie reduziert werden. Dafür stehen zahlreiche Methoden zur Verfügung.

Zu diesen zählen passive isolative Verfahren zur Verhinderung von Wärmeverlusten (Decken, Isolatoren), die zwar den passiven Wärmeverlust um ca. 30% reduzieren können, jedoch keine Wärme aktiv zuführen. Da der größte Teil der Wärme über die Haut verlorengeht, sollte die Erwärmung auch darüber erfolgen.

Wirkungsvollere Maßnahmen sind zum Beispiel das aktive „Forced-Air-Warming“, bei dem erwärmte Luft mit Hilfe von Wärmegeräten und speziellen Patientenabdeckungen über den Körper des Patienten geleitet wird. Um das bestmögliche Ergebnis zu erzielen, sollte damit 30-60 Minuten vor der Einleitung der Anästhesie begonnen werden (Sessler et al. 1995). Bei 60-90-minütiger präoperativer Erwärmung mit ca. 42-43°C kann so eine intraoperative Auskühlung auch während mehrstündiger Operationen vermieden werden (Just et al. 1993, Vanni et al. 2003). Eine Studie mit 44 Patienten, bei denen Schulter-Arthroskopien durchgeführt wurden, konnte zeigen, dass aktive Wärmemaßnahmen zusätzlich zu Erwärmung mit Decken wirkungsvoller sind als passive Erwärmung mit Decken alleine (Yoo et al. 2009).

Auch vorgewärmte Infusionen können zur aktiven Erwärmung genutzt werden. Diese müssen allerdings auf mindestens 39,0°C erwärmt und schnell und in großen Mengen infundiert werden, damit die Temperatur im Körperkern des Patienten noch über 33,0°C beträgt (Schmidt et al. 1996). Mit Hilfe vorgewärmter Infusionen in Kombination mit konvektiven Wärmemaßnahmen steigt die Wahrscheinlichkeit, dass der Patient am Operationsende normotherm ist (Smith et al. 1998).

Praktikabel und realistisch ist die Anfeuchtung und Erwärmung der Atemgase in den Beatmungssystemen. Weiterhin bewirkt ein niedriger Narkosegasfluss den Wärmeerhalt und reduziert Wärmeverluste.

Es existieren weiterhin elektrische Heizmatten und Warmwassermatratten, die auf den Operationstisch unter dem Körper des Patienten platziert werden, allerdings mit dem Risiko von Hautverletzungen wie etwa Verbrennungen einhergehen, reduzierte Wirkung durch Druckbelastung und bei eingeschränkter Durchblutung haben und im klinischen Alltag eine geringere Rolle spielen (Cheney et al. 1994).

## **1.6 Risiken und Komplikationen der intraoperativen Hypothermie**

### **1.6.1 Medikamentenmetabolismus**

Die meisten Enzyme, die am Metabolismus von Anästhetika beteiligt sind, sind temperaturabhängig. Bei sinkender Temperatur sinkt auch die Aktivität der Enzyme, der hepatische und renale Metabolismus nimmt ab, sodass es zur Verlängerung der Wirkdauer einiger Medikamente kommt (Hart et al. 2011). Die veränderte Pharmakodynamik und Pharmakokinetik lässt sich bei Muskelrelaxantien, als auch bei Hypnotika und Opioiden beobachten.

2°C Kernhypothermie beispielweise verlängert die Halbwertszeit des Muskelrelaxans Vecuronium auf das doppelte (Heier et al. 1991) und es resultiert ein Relaxansüberhang mit verlängerter Aufwachzeit des Patienten. Bei Atracurium konnte eine um 60% verlängerte Wirkdauer bei hypothermen Patienten beobachtet werden (Leslie et al. 1995). Hypnotika wie Propofol wiesen bei unterkühlten Patienten (34°C) im Vergleich zu normothermen Verhältnissen einen um 28% erhöhten Plasmaspiegel unter gleicher Dosierung auf (Leslie et al. 1995). Pro 1°C Absinken der Körperkerntemperatur verringert sich auch die MAC (minimale alveoläre Konzentration) von Narkosegasen wie Halothan und Isofluran um 5% (Satas et al. 1996). Mit der Verlängerung der Wirkdauer von Narkosemedikamenten geht auch eine verlängerte Ausleitungsphase und längere Aufenthaltsdauer im Aufwachraum einher.

### **1.6.2 Kardiovaskuläres System**

Mit der Beendigung der Narkose und den damit einhergehenden sinkenden Plasmaspiegeln der Medikamente kommt es zur Normalisierung der Thermoregulation. Physiologisch reagiert der Organismus mit erhöhter Katecholaminausschüttung (vorrangig Noradrenalin) und erhöhtem Muskelzittern, um



die verlorene Wärmeenergie wieder zu gewinnen. Durch die erhöhte Katecholaminausschüttung kommt es zur peripheren Vasokonstriktion, positiver Chronotropie und Hypertonie und somit zu einem erhöhten Sauerstoffverbrauch (Frank et al. 1997). In der postoperativen Phase treten kardiale Komplikationen wie Rhythmusstörungen, vor allem Repolarisationsstörungen, ventrikuläre Tachykardien oder andere ischämische Rhythmusstörungen häufiger auf. Außerdem lassen sich häufiger Angina pectoris, Myokardinfarkte und Herzstillstände beobachten; die Rate an Ereignissen ist bei hypothermen gegenüber normothermen Patienten bis zu 3-fach erhöht (Frank et al. 1997).

### 1.6.3 Hämostase

Perioperative Hypothermie ist ein Risikofaktor für intra- und postoperative Gerinnungsstörungen, die mit einem erhöhten Blutverlust einhergehen. Dabei sind sowohl die Thrombozytenfunktion, als auch die plasmatische Blutgerinnung beeinträchtigt (Shimokawa et al. 2003). Die Thrombozytenzahl ist nicht verändert (Kettner et al. 2003). Die gestörte Thrombozytenfunktion lässt sich eher mit fehlender Ausschüttung von Thromboxan und der Veränderung von Oberflächenproteinen erklären (Michelson et al. 1994). Die plasmatische Gerinnung und die daran beteiligten Enzyme sind wie die Enzyme im Medikamentenmetabolismus ebenfalls temperaturabhängig. In Folge einer Hypothermie ist die enzymatische Spaltung einiger an der Gerinnung beteiligter Faktoren gestört, sodass es hierbei zum gestörten Ablauf der physiologischen Gerinnungskaskade kommt.

Eine Studie von Schmied et al., die 60 Patienten mit Hüft-TEPs untersuchte, konnte zeigen, dass bei hypothermen Patienten der Blutverlust mit ca. 2,2 Litern gegenüber 1,7 Litern bei Normothermie deutlich erhöht und der Bedarf an Blutprodukten ebenfalls signifikant höher bei hypothermen Patienten war (Schmied et al. 1996). Eine andere Studie zeigte, dass schon ein Abfall von 0,5°C KKT einen um 200-300ml höheren Blutverlust induziert (Winkler et al. 2000).

Bei der Interpretation von Parametern der Blutgerinnung (PTT, PTZ) kann es zu gravierenden Fehlern kommen, da diese *in vitro* bei 37,0°C durchgeführt werden.

### 1.6.4 Wundheilung

Das Risiko für postoperative Wundinfektionen und Wundheilungsstörungen ist beim Auftreten einer perioperativen Hypothermie erhöht (Pietsch et al. 2007). Durch

thermoregulatorische, periphere Vasokonstriktion kommt es zur Minderperfusion im Operationsgebiet, die lokale Sauerstoffverfügbarkeit sinkt, es entsteht eine Hypoxie (Kurz et al. 1996).

Außerdem sind die zur Keimbekämpfung notwendigen Sauerstoffradikale und die infektabwehrende Aktivität von neutrophilen Granulozyten unter Hypothermie vermindert (Wenisch et al. 1996). Durch die gehemmte Immunabwehr im Zusammenspiel mit erhöhten physiologischen Kortisolspiegeln wird das Auftreten postoperativer Wundheilungsstörungen begünstigt.

Dies wurde in einer Studie belegt, bei der 200 Patienten mit operativen Interventionen am Kolon untersucht wurden. Es konnte gezeigt werden, dass die Rate der postoperativen Wundinfektionen bei normothermen Patienten signifikant geringer war als bei hypothermen Patienten (6% gegenüber 19%) (Kurz et al. 1996). In einer anderen Studie konnte bei Hypothermien im Rahmen von kolonchirurgischen Eingriffen eine 3-fach erhöhte Inzidenz an Wundheilungsstörungen und eine um 20% verlängerte Hospitalisierungszeit gefunden werden (Reynolds et al. 2008).

Bei elektiven Operationen an der abdominellen Aorta zeigte sich weiterhin bei intraoperativer Hypothermie eine signifikant längere ITS-Aufenthaltsdauer (Jeyadoss et al. 2013) und sogar erhöhte postoperative Letalität (Bush et al. 1995).

Auch die proliferative Phase der Wundheilung ist durch herabgesetzte Hydroxylaseaktivität gestört. Physiologisch werden bei der Narbenbildung Lysin- und Prolinreste hydroxyliert und dienen dann der Verbindung von Kollagensträngen und der Reißfestigkeit von Narbengewebe. Dieser Mechanismus ist durch die erniedrigte Hydroxylaseaktivität bei Hypothermie außer Kraft gesetzt (Jonsson et al. 1991).

#### 1.6.5 Shivering und thermaler Dyskomfort

Zu den weiteren Folgen der perioperativen Hypothermie gehören solche, die den Patientenkomfort beeinträchtigen. Der thermale Dyskomfort ist eine Komplikation, die subjektiv als unangenehm empfunden wird und den Patienten häufig negativ in Erinnerung bleibt (Macario et al. 1999). Er kann mittels einer visuellen Analogskala gemessen werden. Zudem lässt sich häufig ein Kältezittern (Shivering) beobachten. Ausgelöst durch die Hypothermie des Körperkerns, dient es als physiologischer Mechanismus der Wärmeproduktion (De Witte und Sessler 2002). Die Inzidenz des Kältezitterns steht dabei umgekehrt proportional zur Körperkerntemperatur (Horn et al. 1998) und tritt auf Grund der höheren Muskelmasse häufiger bei jüngeren Patienten

auf (El-Gamal et al. 2000). Weiterhin verlängert Hypothermie die postoperative Regenerierungszeit (Lenhardt et al. 1997).

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass jede akzidentielle intraoperative Hypothermie zu schwerwiegenden Folgen bei chirurgischen Patienten führen kann, die mit erhöhten Risiken für den Patienten, längerer Hospitalisierungszeit und erhöhten Kosten und Personalaufwand einhergehen kann. Auch deshalb ist es wichtig, der Körpertemperatur eines Patienten während der Narkose Beachtung zu schenken, für Hypothermie gefährdete Patienten zu erkennen und so zeitig wie möglich geeignete präventive Maßnahmen zu ergreifen.

## **2 Aufgabenstellung und Ziele der Arbeit**

Perioperative hypotherme Phasen können, wie dargestellt, zu erheblichen negativen Folgen für den Patienten führen. Entsprechend werden in den letzten Jahren zunehmend Maßnahmen zur Vermeidung einer perioperativen Hypothermie ergriffen. Ziel der vorliegenden Arbeit war es, herauszufinden, wie häufig Patienten am Universitätsklinikum Jena trotz dieser Maßnahmen von einem Absinken der Körpertemperatur unter 36,0°C betroffen sind (Inzidenz). Ferner sollten Risiko- und Einflussfaktoren für eine perioperative Hypothermie evaluiert werden.

Zu Grunde lag die Annahme, dass die sich Inzidenz der Hypothermie in Gruppen mit bestimmten Patientenmerkmalen deutlich unterscheiden kann (beispielsweise Geschlecht, Alter, BMI usw.). Die Kriterien, die dabei von besonderem Interesse sind, wurden kontinuierlich von jedem Patienten innerhalb der Population erhoben. Ein anderes Ziel war es, herauszufinden, ob Narkose- und Operationsbedingungen wie OP-Dauer, Saaltemperatur, Art und Dauer der Narkose und Art der Wärmemaßnahmen einen Einfluss auf die Entwicklung einer Hypothermie haben.

Außerdem sollte geklärt werden, ob und zu welchen Zeitpunkten im perioperativen Ablauf Hypothermien gehäuft auftreten.

Nur wenn die Pathophysiologie der Thermoregulationen innerhalb des Organismus und die Risikokonstellation eines Patienten im Vorfeld einer Operation bekannt ist, lassen sich entsprechende Maßnahmen zur Prophylaxe der Hypothermie und deren mögliche Folgen, wie erhöhte Blutverluste, Wundheilungsstörungen und kardiale Komplikationen, ergreifen. Dies sollte im Rahmen eines routinierten Arbeitens im klinischen Alltag erfolgen. Eine Intention war es, aus den Ergebnissen mögliche Verbesserungsvorschläge für das intraoperative Thermomanagement in der Klinik abzuleiten.

Als Studiendesign wurde eine prospektive Kohortenstudie gewählt, bei der Patienten aus den Fachgebieten der Unfallchirurgie, Herz- Thoraxchirurgie, Neurochirurgie, Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie, Urologie und Gynäkologie am Universitätsklinikum Jena vom Eintreffen im Operationstrakt bis zur Verlegung auf die Intensivstation bzw. Verlegung aus dem Aufwachraum auf die Normalstation untersucht wurden.

### **3 Material und Methoden**

#### **3.1 Patientenkollektiv**

Im Rahmen der vorliegenden Arbeit wurden die klinischen Daten von 302 Patienten und Patientinnen erhoben, die sich zwischen dem 01.10.2014 und 31.12.2014 einer operativen Intervention in den Fachbereichen Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie, Neurochirurgie, Unfallchirurgie, Herz- Thoraxchirurgie, Urologie und Gynäkologie unterzogen. Die Studie wurde von der Ethikkommission der Friedrich-Schiller-Universität zustimmend bewertet (Bearbeitungsnummer: 4075-05/14). Eine formale Aufklärung und Einwilligung war aufgrund des observativen Charakters der Untersuchung und der anonymisierten Auswertung der Daten nicht notwendig.

Es handelte sich um eine prospektive, nicht interventionelle klinische Beobachtungsstudie. Die Datenerhebung fand ausschließlich in Kliniken des Universitätsklinikums Jena statt. Die Auswahl der Patienten an Wochentagen während der Regelarbeitszeit erfolgte nach Prüfung der Ausschlusskriterien per Zufall und richtete sich nach dem Operationsplan der jeweiligen Tage im Zeitraum.

Einschlusskriterien:

- Alter: ab dem vollendeten 18. Lebensjahr
- operativer Eingriff in einem der ausgewählten Fachbereiche
- Operation mit Beteiligung der Anästhesie
- jede OP-Indikation inklusive elektiver, dringlicher und Notfall-Eingriffe

Ausschlusskriterien:

- Alter unter 18 Jahre
- Einsatz der Herz-Lungen-Maschine

Primärer Endpunkt der Datenerfassung war die Inzidenz der perioperativen Hypothermie, also eine Körpertemperatur von unter 36,0°C zu einem beliebigen Zeitpunkt. Sekundäre Zielparameter waren die Risikofaktoren für eine intraoperative Unterkühlung. Hierunter zählen Alter, Geschlecht, Größe und Gewicht, BMI, ASA-Klassifikation, Vorerkrankungen, OP-Saaltemperatur, Art und Dauer des operativen Eingriffs, Art und Dauer der gewählten Anästhesieverfahren und Fachbereiche.

### 3.2 Patientenerhebungsbogen

Es wurde ein Patientenerhebungsbogen entwickelt, der bei jeder Operation individuell für jeden Patienten ausgefüllt wurde. Folgende Patienten- und Operationscharakteristika wurden bei allen Fällen erfasst:

- Datum der Datenerhebung
- Fachgebiet: AVC, HTC, UCH, NCH, Urologie, Gynäkologie
- Geschlecht
- Größe, Gewicht, BMI
- Vorerkrankungen (Charlson Komorbiditätsindex): Herzinfarkt, Herzinsuffizienz, pAVK, cerebrovaskuläre Erkrankungen, Demenz, chronische Lungenerkrankungen, Kollagenosen, Ulkuskrankheit oder andere Erkrankungen des Gastrointestinaltraktes, Lebererkrankungen, Diabetes mellitus mit oder ohne Endorganschäden, dauerhafte Hemiplegie, Nierenerkrankungen, Tumorerkrankungen, Leukämien, Lymphome, metastasierender solider Tumor, AIDS
- ASA- Klassifikation Grad I-V
- OP-Dringlichkeit: elektiv, dringlich, Notfall
- Art der Narkose: Allgemeinanästhesie, rückenmarksnahe Anästhesie, Leitungsanästhesie, Lokalanästhesie, kombinierte Verfahren
- Art der Allgemeinanästhesie: balancierte Anästhesie, TIVA
- Operationsdauer: 0-30 min, 30-60 min, 60-120 min, 120-240 min, über 240 min
- Saalnummer
- Saaltemperatur zum Schnitt und zur Naht
- Art der OP: Laparoskopie, Laparotomie, Thorakotomie, Kraniotomie, andere
- intraoperative Wärmetherapie: passive Wärmeerhaltung (Wärmedecken), Warm Touch, Wärmematte
- Methode der Temperaturmessung
- Körpertemperatur zu definierten Zeiten: Einschleusen, Anästhesie-Beginn, Anästhesiefreigabe, OP-Maßnahmenbeginn, Schnitt, intraoperativ nach 30/60/120/180/240/300/360/420 Minuten, Naht, OP-Maßnahmenende, Saalaustritt, Anästhesie-Ende, Verlassen OP, Beginn Aufwachraum/ITS, Ende Aufwachraum

### **3.3 Messmethoden**

Zwischen dem 18. und 20. August 2014 fand eine Testphase statt. Innerhalb dieser wurden mit Hilfe des Fragebogens die Daten von 12 Patienten erfasst. Die Messungen wurden sowohl aurikulär, als auch sublingual durchgeführt.

Für die aurikuläre Messung wurde ein Ohrthermometer der Firma Braun, Braun WelchAllyn Thermoscan Type 6021 (Leiden, Niederlande) verwendet. Dieses misst Infrarotstrahlen, die vom Trommelfell und dem umliegenden Gewebe abgegeben werden. Das Thermometer ermittelt nachfolgend die Körperkerntemperatur und gibt sie mit einer Nachkommastelle auf dem LCD-Display wieder. Die Vorteile dieser Methode sind eine hohe Messgeschwindigkeit, geringe Invasivität und hohe Toleranz. Für die sublinguale Messung wurde ein portables Modul der intraoperativen Patientenüberwachung von der Firma Dräger verwendet. Mit Hilfe einer Temperatursonde, die sublingual platziert wurde, konnte die Temperatur am Modul abgelesen werden. Die Akzeptanz für diese Messmethode war bei Patienten im wachen Zustand allerdings sehr gering. In der Regel wird die sublinguale Messung bei Patienten in Allgemeinanästhesie angewendet. Da unsere Messung allerdings schon beim wachen, nicht anästhesierten Patienten mit dem Eintritt in den Operationstrakt begann, wurde diese oft als unangenehm empfunden. Dies steigerte die oft ängstliche und verunsicherte Stimmung der Patienten.

Weiterhin dauerte jede Messung, angefangen beim Einschleusen und noch vor der Umbettung, bis zu einigen Minuten. Die Sonde wurde im Mund platziert und zeigte erst nach einiger Zeit den wahren Wert an. Im klinischen Alltag sind zahlreiche Pausen mit einer Länge von mehreren Minuten allerdings hinderlich und können damit den Ablauf so beeinträchtigen, dass die Datenerhebung verfälscht wird.

Bei den prä- und intraoperativen Messungen zeigte sich, dass die gemessenen sublingualen Temperaturwerte von den aurikulären Messwerten um max. 0,1 °C abwichen. Diese geringfügigen Abweichungen erachteten wir als vernachlässigbar, sodass wir uns nach der 3-tägigen Testphase zur Weiterführung der Datenerhebung ausschließlich mit Hilfe des Infrarot-Ohrthermometers entschieden. So konnten schnelle, kontinuierliche, den Ablauf nicht behindernde und vor allem vergleichbare Messungen sowohl prä-, intra- als auch postoperativ durchgeführt werden.

### **3.4 Statistische Auswertung**

Die erfassten Daten wurden in Excel-Files (Microsoft Office Excel 2000) anonymisiert gespeichert. Zur statistischen Auswertung und für weiterführende Fragestellungen wurden sie in das Statistikprogramm SPSS (IBM SPSS Statistics for Windows, Version 23) importiert.

Mit Hilfe deskriptiver Statistiken wurden absolute und relative Häufigkeiten ermittelt.

Univariate Analysen mit binären Faktoren wurden mittels Chi<sup>2</sup>-Test untersucht und mit dem 95%-Konfidenzintervall ergänzt. Variablen mit ordinalem Skalenniveau wurden mit dem Wilcoxon-Mann-Whitney-Test auf Signifikanz geprüft. Bei metrischen normalverteilten Variablen wurde der t-Test, bei nicht normalverteilten Variablen der Wilcoxon-Mann-Whitney-Test herangezogen. Hierbei wurden die Mittelwerte  $\pm$  Standardabweichung angegeben.

Ein p-Wert von  $<0,05$  bestätigte die Signifikanz, ein p-Wert von  $\geq 0,05$  wurde als nicht signifikant gewertet. Um die Beziehung zwischen jedem potentiellen klinischen Risikofaktor und der Hypothermie zu untersuchen, wurden binäre logistische Regressionsanalysen mit Odds Ratios und 95%-Konfidenzintervallen erstellt.

Aus Auswertung erfolgte jederzeit in Rücksprache mit dem statistischen Institut in Jena.

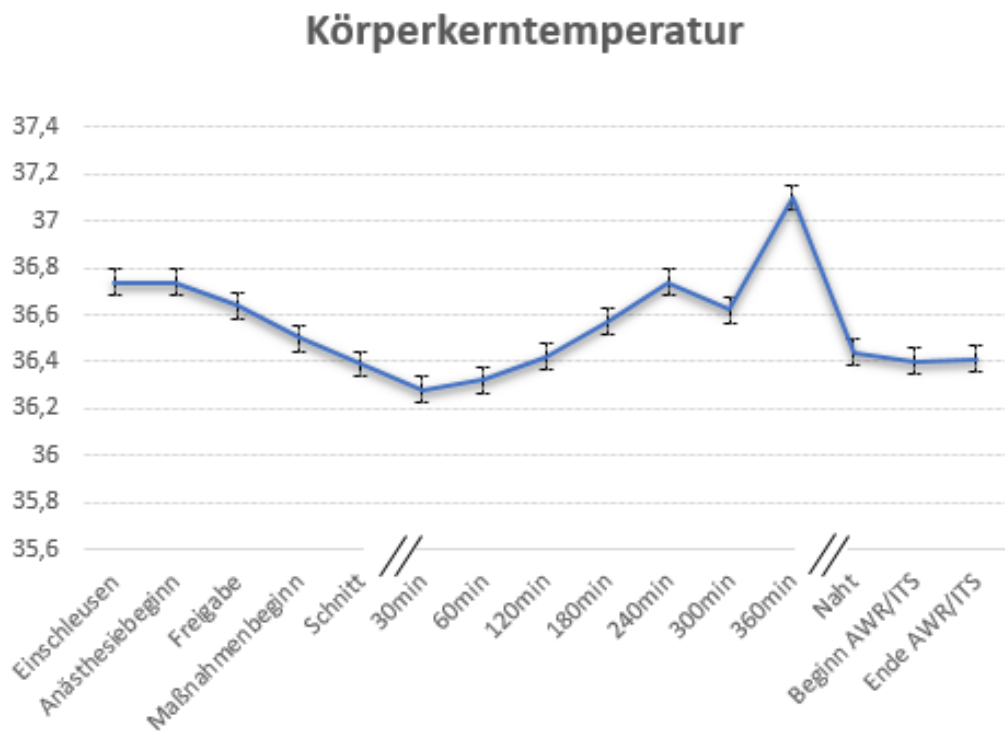
### **3.5 Literaturrecherche**

Begleitend zu der Datenerfassung wurde eine Literaturrecherche durchgeführt. Verwendet wurden überwiegend elektronische Datenbanken wie Pubmed, Medline und die Cochrane Library, aber auch entsprechende Fachliteratur und Fachzeitschriften. Als Suchparameter für die Recherche eigneten sich anesthesia, hypothermia, perioperative, inadvertent, accidental, temperature, adults und prevention.



## **4 Ergebnisse**

Alle 302 vermessenen Patienten konnten in die Studie eingeschlossen werden. Die Gesamtinzidenz der akzidentiellen, perioperativen Hypothermie beträgt 99 von insgesamt 302 Fällen (32,8%). In der nachfolgenden Abbildung sind die Mittelwerte der Temperaturen zu allen definierten Zeitpunkten als Verlauf dargestellt.

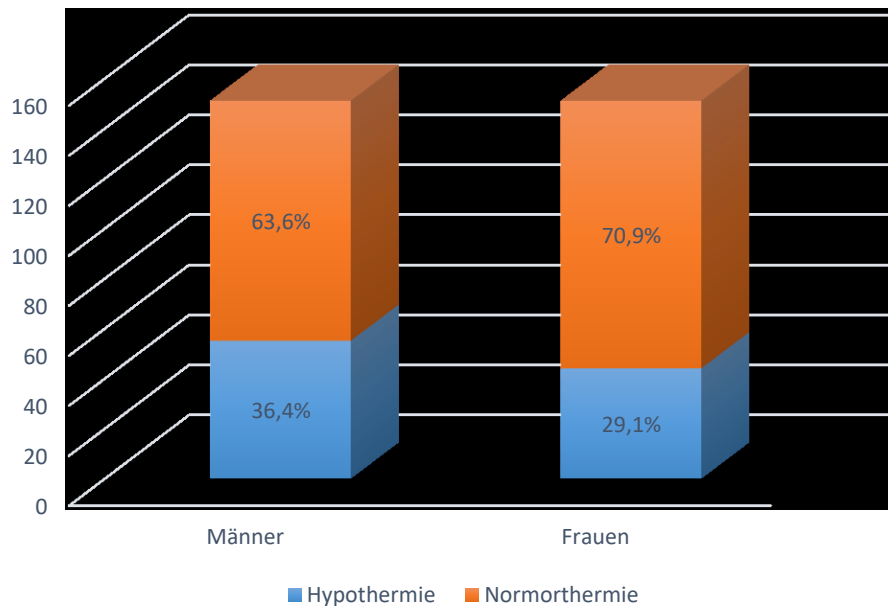


**Abb.4: Mittelwerte und Standardabweichung der KKT im Verlauf.** Der größte Temperaturabfall findet sich zwischen dem Anästhesiebeginn und den ersten 30 Minuten nach Schnitt. Danach steigt die Körpertemperatur unter Verwendung unterschiedlicher Wärmemethoden wieder an und bleibt nach der Hautnaht konstant.

### **4.1 Patientenmerkmale**

#### **4.1.1 Geschlecht**

Unter den 302 im Untersuchungszeitraum beobachteten Patient/innen waren 151 Männer (50,0%) und 151 Frauen (50,0%). Diese genaue Verteilung entstand durch Zufall. Von 151 Männern wurde bei insgesamt 55 ein- oder mehrmalig eine Körpertemperatur von unter 36,0°C gemessen, bei den Frauen waren es 44. Innerhalb des männlichen Geschlechts behielten demnach 96 und bei den Frauen 107 Patienten/innen ihre Normaltemperatur. Abb.4 zeigt die Fälle der Hypothermie bei beiden Geschlechtern.

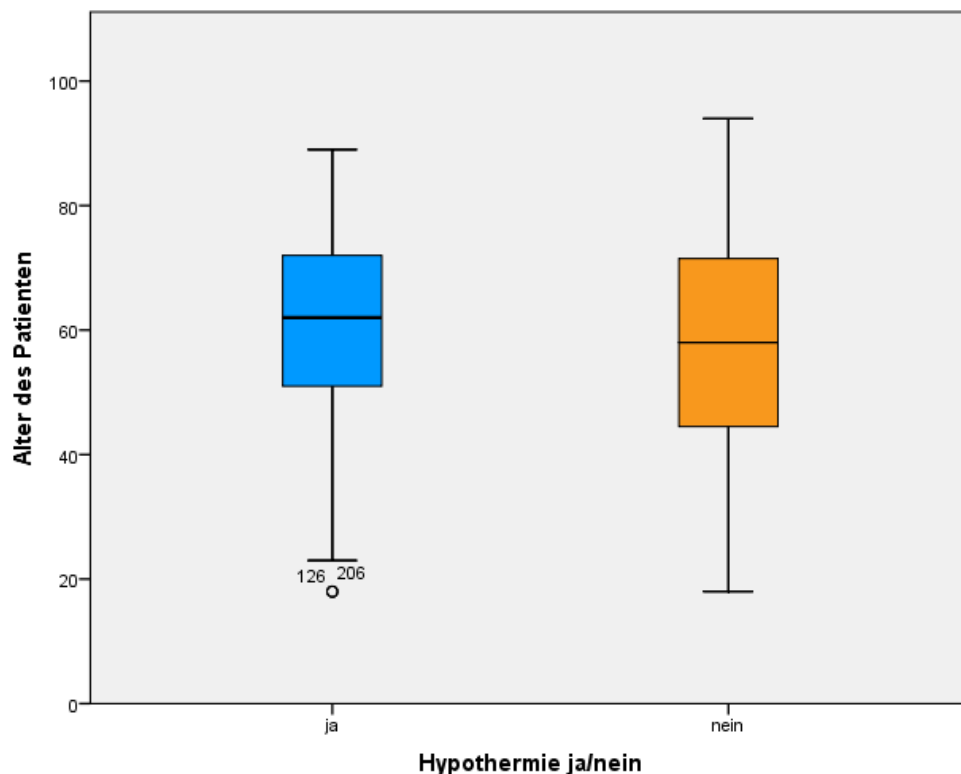


**Abb.5: Geschlechterabhängige Inzidenz der Hypothermie.** Männer waren mit 36,4% häufiger hypotherm als Frauen (29,1%).

Die Nullhypothese geht in diesem Fall davon aus, dass das Geschlecht keinen signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer perioperativen Hypothermie hat und kein Risikofaktor ist, die Alternativhypothese besagt, dass es einen Einfluss des Geschlechts gibt. Die Odds Ratio für das Geschlecht (männlich/weiblich) beträgt 1,393 [95%-CI 0,860-2,258]. Die Chance, dass Männer eine Hypothermie erleiden, ist etwa 39% höher als bei Frauen. Der Unterschied ist nicht signifikant ( $p=0,178$ ). Auch in der logistischen Regressionsanalyse zeigte sich dieses Ergebnis. Das Geschlecht ist kein signifikanter Risikofaktor für eine perioperative Hypothermie.

#### 4.1.2 Patientenalter

Nachfolgend wurde das Alter als Risikofaktor der Hypothermie untersucht. Zum Untersuchungszeitpunkt wiesen die Patienten ein Alter von mindestens 18 und maximal 94 Jahren auf.

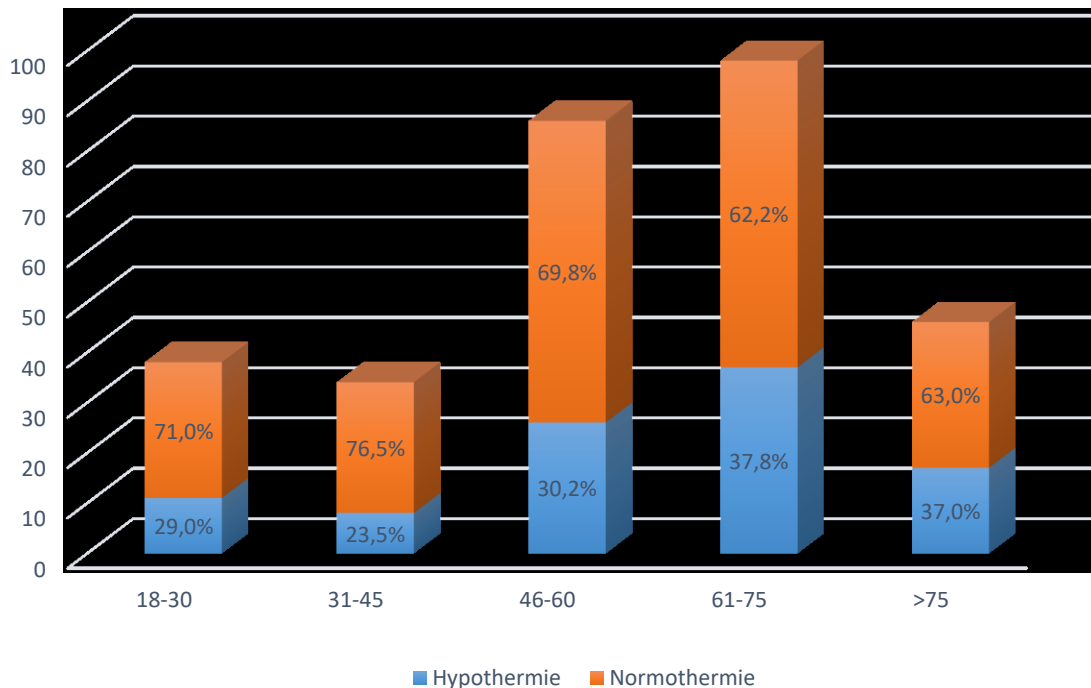


**Abb.6: Altersverteilung der Patienten mit und ohne Hypothermie unter Berücksichtigung der Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle.** Der Mittelwert für hypotherme Patienten betrug 60 +/- 17,6 Jahre, der Median lag bei 62 Jahren. Der Mittelwert für normotherme Patienten ist 56 +/- 18,2 Jahre, Median 58 Jahre.

Auffällig ist, dass die Fälle 126 und 206 Ausreißer bilden. In diesem Fall bedeutet das, dass die Patienten dieser beiden Fallnummern in einem außergewöhnlich jungen Alter (hier konkret 18 Jahre) eine intraoperative Hypothermie aufwiesen.

Für die statistische Auswertung wurde das Patientenalter in Gruppen unterteilt. Unterschieden wurde zwischen Gruppe 1 (18-30 Jahre), Gruppe 2 (31-45 Jahre) Gruppe 3 (46-60 Jahre), Gruppe 4 (60-75 Jahre) und Gruppe 5 (>75 Jahre).

Abbildung 5 zeigt die Inzidenz der Hypothermie in den unterschiedlichen Altersgruppen.



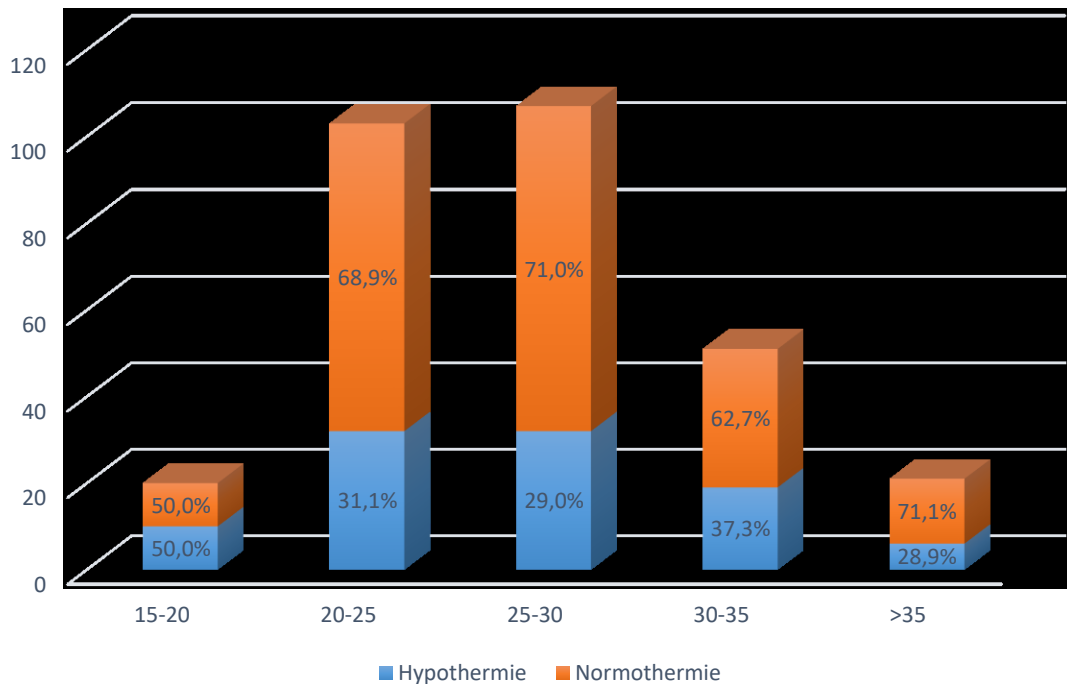
**Abb.7: Inzidenz der Hypothermie in verschiedenen Altersklassen.** Mit höherer Altersklasse ab 31 Jahren steigt der prozentuale Anteil der Hypothermien.

Hierbei fällt der ansteigende Prozentsatz hypothermer Patienten ab der 2. Altersgruppe auf. Die anteilig meisten hypothermen Probanden finden sich ab einem Alter von 61 Jahren. Nach der Überprüfung mittels t-Test für unabhängige Stichproben gibt es keinen signifikanten Unterschied zwischen dem Alter der Gruppen mit und ohne Hypothermie ( $p=0,069$ ).

In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die Odds Ratio für Patienten mit einem Alter von  $\leq 60$  und  $>60$  Jahre 0,664 [95%-CI 0,410-1,076],  $p=0,095$ . Auch hier wird bestätigt, dass das Patientenalter keinen signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer perioperativen Hypothermie hat.

#### 4.1.3 Body-Mass-Index

Für eine vereinfachte Auswertung wurde zusammenfassend aus der Körpergröße und dem Körpergewicht der Body-Mass-Index ( $\text{kg/m}^2$ ) für jeden Fall der Kohorte ermittelt und einer von fünf Gruppen zugeteilt. Das Minimum des BMI betrug hierbei  $15,61 \text{ kg/m}^2$ , das Maximum lag bei  $48,42 \text{ kg/m}^2$  (Median  $26,2 \text{ kg/m}^2$ , Mittelwert  $26,4 \pm 5,3 \text{ kg/m}^2$  für Hypothermie, Median  $26,4 \text{ kg/m}^2$ , Mittelwert  $27,0 \pm 5,4 \text{ kg/m}^2$  für Normothermie). Die folgende Abbildung 6 zeigt die Verteilung der normothermen und hypothermen Patienten in den einzelnen BMI-Gruppen.



**Abb.8: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit vom BMI (kg/m²).** Am häufigsten fanden sich Hypothermien bei Patienten mit einem BMI von 15-20 kg/m² und 30-35 kg/m².

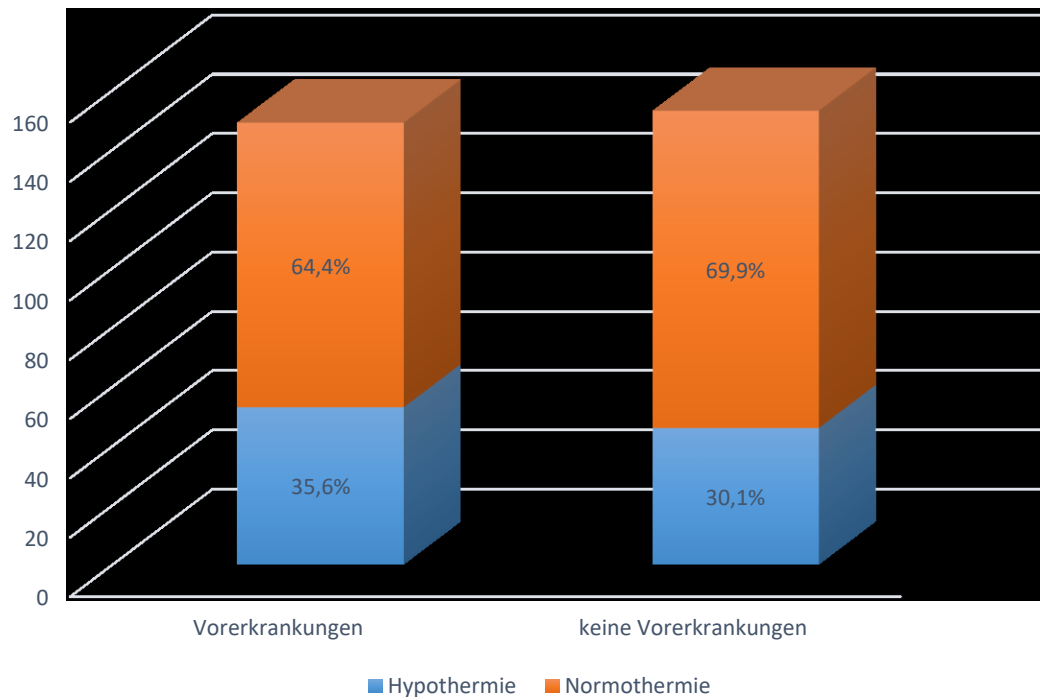
Damit unterscheiden sich die Häufigkeiten innerhalb der BMI-Gruppen, die prozentuale Häufigkeit der intraoperativen Hypothermie ist in Gruppe 1 mit einem BMI von 15-20 kg/m² und 50,0% am größten und in Gruppe 3 und 5 mit einem annähernd gleichen Prozentsatz von 29,0 und 28,9% am geringsten.

Nach der Überprüfung ist das Ergebnis mit  $p=0,4$  jedoch nicht signifikant. Die Odds Ratio ( $\text{BMI} \leq 20 \text{ kg/m}^2 / \text{BMI} > 20 \text{ kg/m}^2$ ) beträgt 1,087 [95%-CI 0,668-1,770],  $p=0,736$ . Es besteht kein signifikant höheres Risiko für eine Hypothermie bei einem BMI von  $\leq 20 \text{ kg/m}^2$  als bei einem BMI  $> 20 \text{ kg/m}^2$ .

#### 4.1.4 Vorerkrankungen

Es wurde zunächst angenommen, dass das Vorhandensein von Vorerkrankungen als Risikofaktor für eine akzidentielle Hypothermie gilt. Die Vorerkrankungen wurden von jedem Patienten präoperativ erfasst, im Patientenbogen vermerkt und mittels Charlson-Komorbiditätsindex ausgewertet. Im Anhang ist der Index mit den jeweiligen Erkrankungen und Punktwerten dargestellt.

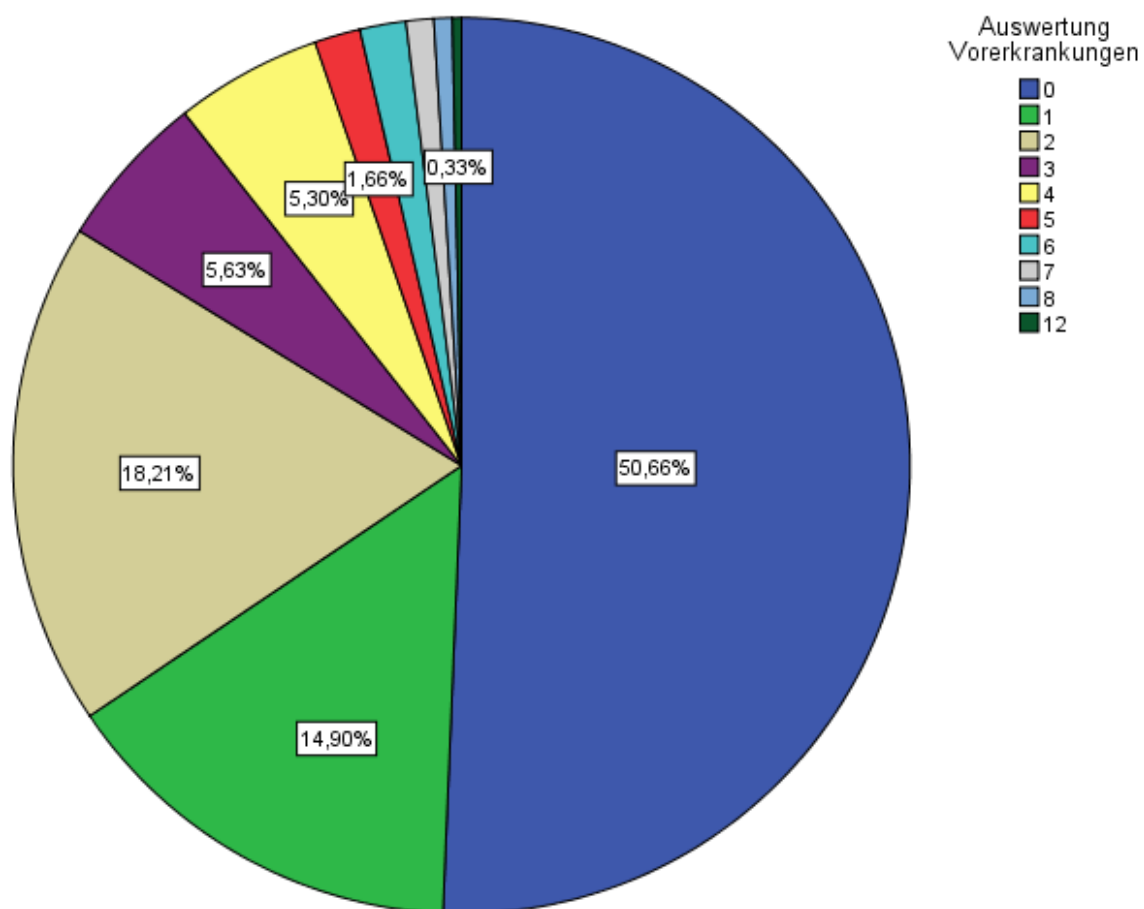
Von den insgesamt 302 Patienten/innen waren bei 149 (49,3%) Vorerkrankungen erhoben wurden. Hypertonie wurde nicht gewertet.



**Abb.9: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit von Vorerkrankungen.** Patienten mit Vorerkrankungen waren häufiger hypotherm als Patienten ohne relevante Einschränkungen.

Die Odds Ratio (Vorerkrankungen ja/nein) beträgt 1,284 [95%-CI 0,793-2,079]. Das Risiko, eine Hypothermie zu erleiden, ist bei Patienten mit Vorerkrankungen ca.28% höher als bei gesunden, was allerdings nicht gegen den Zufall abgegrenzt werden kann ( $p=0,308$ ). Das Vorhandensein von Vorerkrankungen hat keinen Einfluss auf die Entwicklung einer Hypothermie.

Anschließend erhielt jeder Patient für die exakte Auswertung einen Punktwert für vorhandene Vorerkrankungen, der anhand der Tabelle im Charlson-Komorbiditätsindex errechnet wurde. Abb. 8 zeigt, wie viele Patienten in % welchem Punktwert im Index zugeordnet wurden.



**Abb. 10: Einordnung der Probanden nach Punktevergabe im Charlson-Komorbiditätsindex in %.**  
Etwa die Hälfte aller Patienten haben 1 und mehr Punkte im Index erhalten.

Tab.1 zeigt weiterhin die Inzidenz der Hypothermie nach erfolgter Auswertung mittels Index und Punktwert-Vergabe.

			Hypothermie ja/nein		Gesamt
			ja	nein	
Auswertung Vorerkrankungen	0	Anzahl	46	107	153
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	30,1%	69,9%	100,0%
	1	Anzahl	15	30	45
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	33,3%	66,7%	100,0%
	2	Anzahl	20	35	55
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	36,4%	63,6%	100,0%
	3	Anzahl	8	9	17
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	47,1%	52,9%	100,0%
	4	Anzahl	6	10	16
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	37,5%	62,5%	100,0%
	5	Anzahl	2	3	5
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	40,0%	60,0%	100,0%
Gesamt	6	Anzahl	1	4	5
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	20,0%	80,0%	100,0%
	7	Anzahl	1	2	3
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	33,3%	66,7%	100,0%
	8	Anzahl	0	2	2
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	0,0%	100,0%	100,0%
	12	Anzahl	0	1	1
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	0,0%	100,0%	100,0%
		Anzahl	99	203	302
		% innerhalb von Auswertung Vorerkrankungen	32,8%	67,2%	100,0%

**Tab.1: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Vorerkrankungen im Charlson-Komorbiditätsindex**

Auch hier ergibt sich keine Signifikanz, die Mediane des Vorerkrankung-Scores unterscheiden sich nicht in der Gruppe der hypo- und normothermen Patienten ( $p=0,332$ ). Der Einfluss der Vorerkrankungen kann nicht gegen den Zufall abgesichert werden.

#### 4.1.5 ASA-Klassifikation

Die ASA (American Society of Anaesthesiologists) -Risikoklassifikation ist eine Einstufung von Patienten, die genutzt wird, um das intraoperative Risiko besser einschätzen zu können. Sie besteht aus fünf Graden. Nachfolgende Tabelle zeigt die

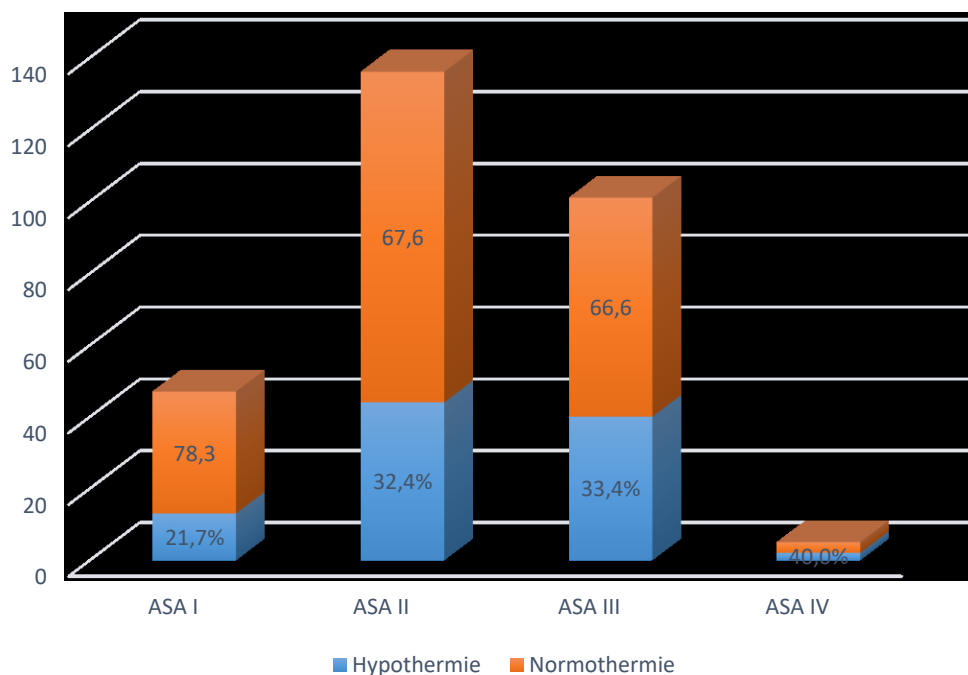


Definition der einzelnen Grade und den prozentualen Anteil der Studienpatienten innerhalb der Klassifikation.

Grad ASA	Definition	Anzahl der Patienten (%)
I	Gesunder Patient ohne wesentliche Risikofaktoren	19,9
II	Patient mit leichten Allgemeinerkrankungen ohne Leistungseinschränkung	45,0
III	Patient mit schweren Allgemeinerkrankungen und Leistungseinschränkungen	33,4
IV	Patient mit schweren Allgemeinerkrankungen, die das Leben bedrohen	1,7
V	Moribunder Patient	0

Tab.2: Zuordnung der Patienten zur ASA-Klassifikation

Fast die Hälfte aller Patienten wurden ASA II zugeordnet, die wenigsten Patienten (insgesamt 1,7%) sind als ASA IV und V klassifiziert.



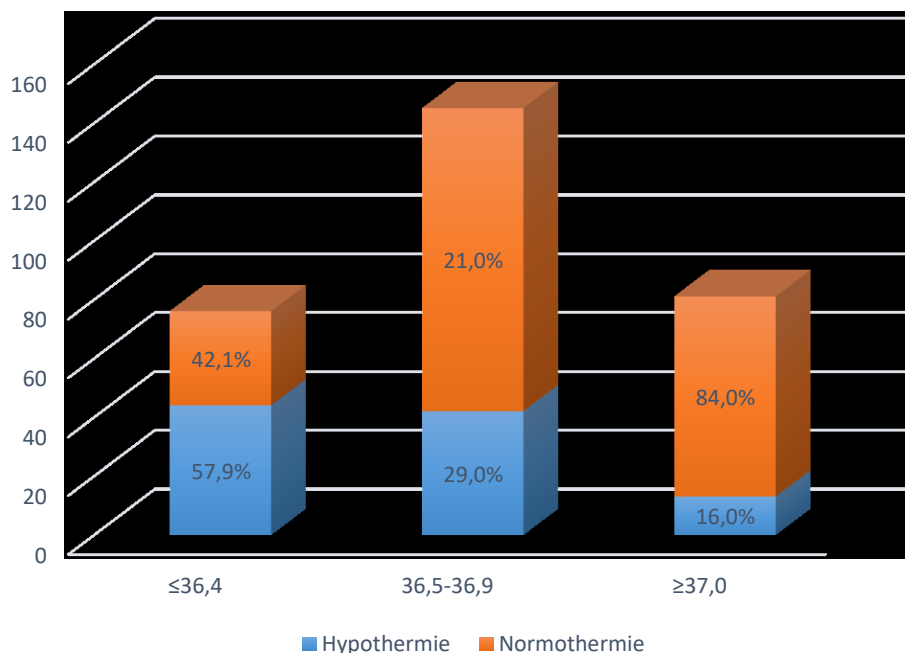
**Abb.11: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der ASA-Klassifikation.** Der prozentuale Anteil hypothermer Patienten steigt mit der ASA-Klassifikation. Die Gruppe der Patienten mit einer ASA-Klassifikation >I zeigte eine signifikant höhere Rate an Hypothermien als Patienten der ASA-Klassifikation I.

Im Test erweisen sich der Unterschied der Mediane für ASA in der Hypothermie- und Normothermie Gruppe als statistisch signifikant ( $p=0,02$ ). Der ASA-Mittelwert für hypotherme Patienten beträgt 2,3, für normotherme Patienten 2,1. Die Odds Ratio für Patienten mit ASA I und ASA >I ergibt 0,502 [95%-CI 0,257-0,979],  $p=0,040$ . Patienten mit ASA I haben gegenüber ASA>1 ein halb so großes Risiko, hypotherm zu werden. Anders ausgedrückt, mit höherer ASA-Klassifizierung steigt das Risiko einer perioperativen Unterkühlung.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Risiko, eine Hypothermie zu erleiden, in der ASA-Klassifikation Grad I halb so groß ist wie in ASA II, III, IV und V und die Einstufung zu einem höheren als Grad I als Risikofaktor gewertet werden kann.

#### 4.1.6 Eingangskörpertemperatur

Die Körpertemperatur zum Zeitpunkt des Einschleusens, definiert als Messbeginn, wurde gruppiert, um eine bessere Auswertung gewährleisten zu können. Die Durchschnittstemperatur aller Patienten zu diesem Zeitpunkt betrug 36,7°C. Der Mittelwert der KKT in der hypothermen Gruppe beträgt 36,6°C, das Minimum ist 35,6°C, das Maximum 37,7°C. In der Gruppe der Normothermie beträgt der Mittelwert 36,8°C, Minimum 35,8°C, Maximum 38,2°C.



**Abb.12: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der KKT zum Zeitpunkt des Einschleusens.** Mit steigender Eingangskörperkerntemperatur sinkt der prozentuale Anteil der auftretenden Hypothermien.

Der Unterschied der Mittelwerte zwischen den Gruppen Hypothermie/Normothermie war statistisch signifikant ( $p < 0,001$ ). In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die Odds Ratio 2,607 [95%-CI 1,819-3,736],  $p < 0,001$ , der Regressionskoeffizient beträgt 0,958. Mit jeder Skaleneinheit der Körpertemperatur ( $1,0^{\circ}\text{C}$ ) steigt die Chance um 160%, keine Hypothermie zu erleiden. Eine niedrige Körperkerntemperatur zu Beginn der Operation ist ein Risikofaktor für intraoperative Hypothermie. Weiterhin beträgt die Odds Ratio für KKT  $\leq 36,4^{\circ}\text{C}$  und  $\geq 36,5^{\circ}\text{C}$  4,275 [95%-CI 2,473-7,391],  $p < 0,001$ .

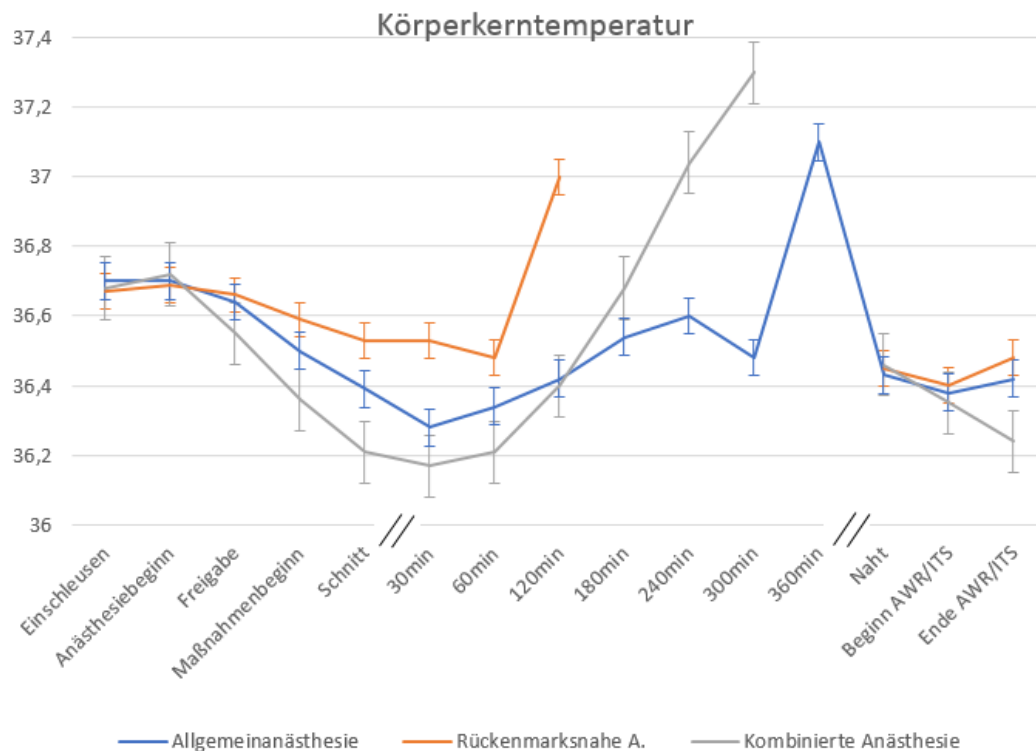
## 4.2 Anästhesiemerkmale

### 4.2.1 Art der Narkoseführung

Für die Auswertung der Narkoseführung wurde bei jeder Operation dokumentiert, ob die Anästhesie mittels Allgemeinanästhesie, rückenmarksnahen Verfahren (Spinalanästhesie, Periduralanästhesie), der Kombination von Allgemein-, rückenmarksnaher- und Regionalanästhesie, Lokalanästhesie oder Leitungsanästhesie (beispielsweise axilläre Plexusblockade, Ischiadikusblockade) durchgeführt wurde. Dabei fand die Mehrzahl der Narkosen ( $n=246$ ) in Allgemeinanästhesie statt. Die folgende Tabelle zeigt die Inzidenzunterschiede, während die Abbildung die Körperkerntemperatur bei den verschiedenen Narkoseverfahren im Verlauf zeigt.

			Hypothermie ja/nein		Gesamt
			ja	nein	
Art der Narkose	Allgemeinanästhesie	Anzahl	80	166	246
		% innerhalb von Art der Narkose	32,5%	67,5%	100,0%
	rückenmarksnahen Anästhesie	Anzahl	1	10	11
		% innerhalb von Art der Narkose	9,1%	90,9%	100,0%
	kombinierte Anästhesie	Anzahl	16	16	32
		% innerhalb von Art der Narkose	50,0%	50,0%	100,0%
	Lokalanästhesie	Anzahl	0	3	3
		% innerhalb von Art der Narkose	0,0%	100,0%	100,0%
	Leitungsanästhesie	Anzahl	2	8	10
		% innerhalb von Art der Narkose	20,0%	80,0%	100,0%
	Gesamt	Anzahl	99	203	302
		% innerhalb von Art der Narkose	32,8%	67,2%	100,0%

**Tab.3: Risiko für Hypothermie in Abhängigkeit von den Narkoseverfahren**



**Abb.13: Mittelwerte und Standardabweichung der KKT im Verlauf in Abhängigkeit von den Narkoseverfahren.** Der stärkste Temperaturabfall lässt sich bei einer Kombination aus Allgemein- und rückenmarksnaher Anästhesie verzeichnen.

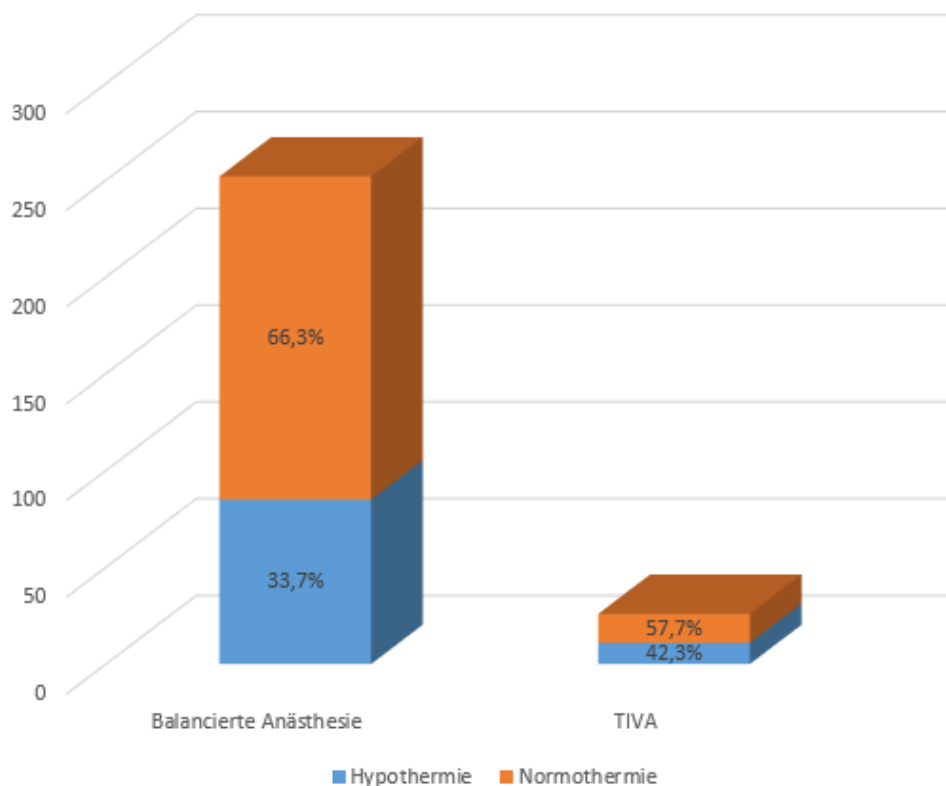
Der Inzidenzunterschied ist signifikant ( $p=0,047$ ). Auffällig in Abbildung 13 ist der stärkere Abfall der Durchschnitts-KKT bis zum Schnitt und im Aufwachraum bei Verfahrenskombinationen.

Die Odds Ratio für Allgemeinanästhesie/kombinierte Verfahren beträgt 0,482 [95%-CI 0,229-1,013],  $p=0,050$ . Die Chance, hypotherm zu werden, ist bei einer Allgemeinanästhesie ca. halb so groß wie unter kombinierten Verfahren, dieses Ergebnis ist signifikant. 11 Patienten wurden unter ausschließlichen rückenmarksnahen Verfahren (SPA, PDA) operiert. Die Odds Ratio für rückenmarksnahe Verfahren/kombinierte Verfahren ergibt 0,100 [95%-CI 0,011-0,875],  $p=0,017$ . Das Risiko für eine Hypothermie ist bei rückenmarksnahen Verfahren nur etwa ein Zehntel des Risikos für Verfahrenskombination, dieses Ergebnis ist statistisch signifikant.

#### 4.2.2 Narkosemedikamente

Eine Allgemeinanästhesie kann balanciert, also neben der Gabe von Opioiden unter Verwendung von volatilen Anästhetika zur Narkoseaufrechterhaltung, oder als TIVA (=totale intravenöse Anästhesie, meist mit Propofol als Hypnotikum) durchgeführt

werden. Dabei wurden 252 Narkosen mit volatilen Anästhetika geführt und 26 als TIVA. Abbildung 14 zeigt die prozentuale Verteilung der Hypothermie.



**Abb.14: Risiko der Hypothermie bei balancierter Anästhesie versus TIVA.** Bei Verwendung von intravenösen Anästhetika zur Narkoseaufrechterhaltung kam es häufiger zu Hypothermien als bei balancierter Narkoseführung.

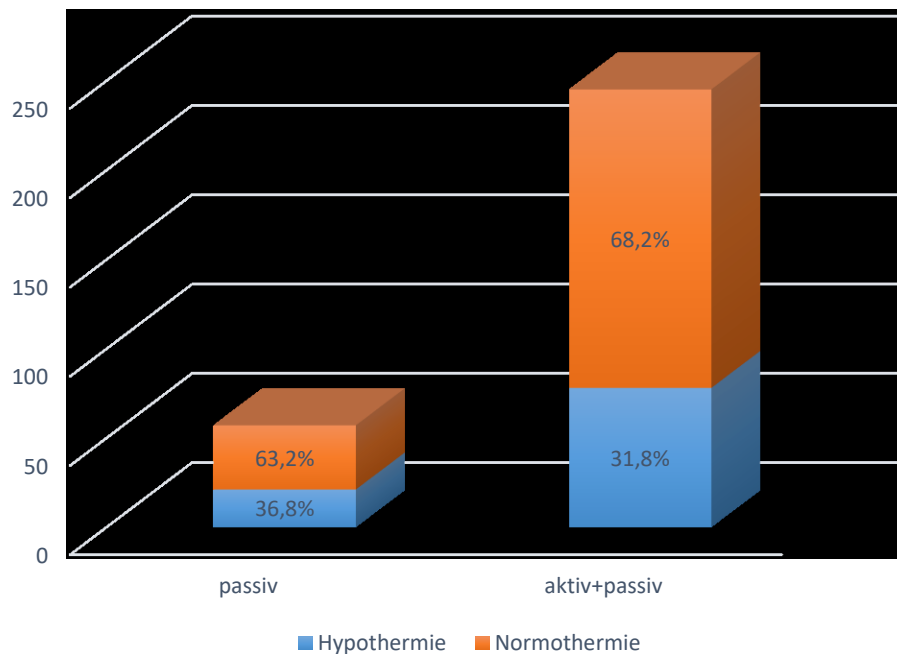
Allerdings ergibt sich hier keine Signifikanz ( $p=0,06$ ), sodass die Wahl der Medikamente nicht als Risikofaktor für perioperative Hypothermie gewertet werden kann.

#### 4.2.3 Anwendung von Wärmetherapie

Untersucht wurden ebenfalls die Anwendung von Wärmetherapien und der Einfluss auf die Ausbildung einer perioperativen Hypothermie. Bei den Wärmemaßnahmen wurde unterschieden zwischen passiven Wärmemaßnahmen (Oberkörperdecke, Decke für untere Extremitäten, Ganzkörperdecke) und aktiven Maßnahmen (Wärmematte, Zufuhr von erwärmter Luft= Warm Touch).

Dabei wurden bei allen 302 Patienten eine oder mehrere Wärmemaßnahmen angewendet.

Insgesamt wurden 81,1% (n=245) Patienten mit aktiven (Warm Touch) und passiven (mindestens einer Wärmedecke) Maßnahmen gewärmt, während 18,9% (n=57) nur mit passiven Wärmemaßnahmen geschützt waren. Abb. 15 zeigt den Inzidenzunterschied für die intraoperative Hypothermie.



**Abb.15: Risiko der Hypothermie abhängig von der Wahl der Wärmemethoden.** Bei Anwendung alleiniger passiver Wärmemethoden kam es häufiger zu intraoperativen Hypothermien als bei Erwärmung mit passiven und aktiven Maßnahmen.

Auch dieses Ergebnis ist nicht signifikant ( $p=0,47$ ). Die OR für aktive/passive Wärmemaßnahmen ist 0,754 [95%-CI 0,416-1,368],  $p=0,353$ . Somit ist das Risiko bei aktiver Erwärmung 0,75-mal so groß wie bei passiver, was allerdings ebenfalls nicht signifikant ist. Die Wahl der Wärmemethode kann in dieser Stichprobe nicht als Risikofaktor für Hypothermie identifiziert werden.

## 4.3 Operationsmerkmale

### 4.3.1 Indikation zur Operation

Bei der Indikation zur Operation wurde zwischen elektiven, dringlichen und Notfall-Eingriffen unterschieden. Bei 285 Patienten (94,4%) wurden elektive Eingriffe durchgeführt. 15 Operationen (5,0%) waren als dringlich und 2 (0,7%) als Notfall eingestuft. Tabelle 4 zeigt das Risiko der Hypothermie bei den unterschiedlichen Indikationsstellungen.

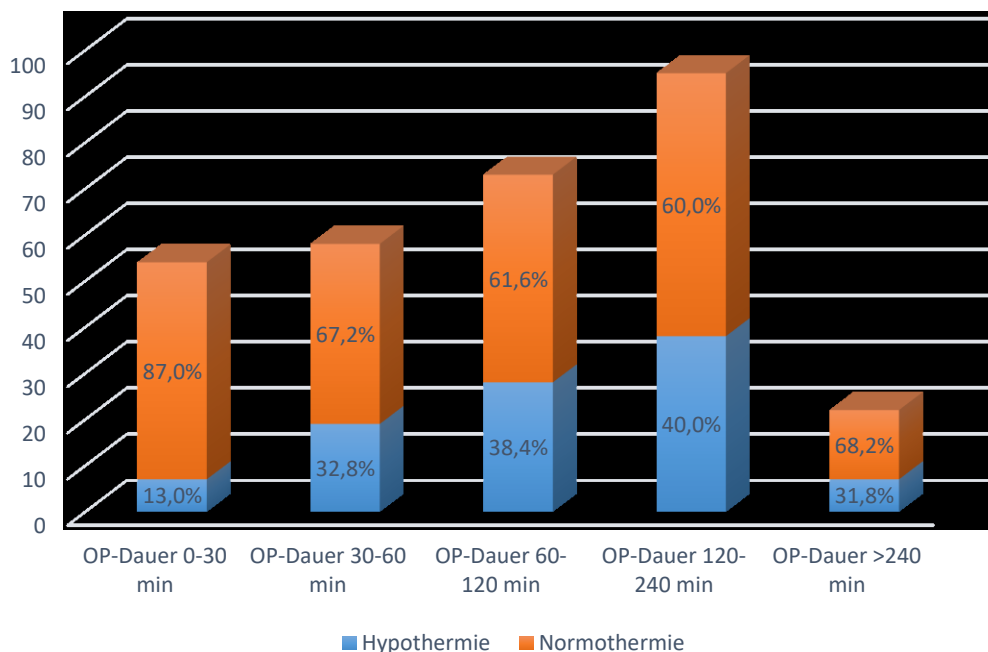
			Hypothermie ja/nein		Gesamt
			ja	nein	
OP-Indikation	elektiv	Anzahl	94	191	285
		% innerhalb von OP-Indikation	33,0%	67,0%	100,0%
	dringlich	Anzahl	4	11	15
		% innerhalb von OP-Indikation	26,7%	73,3%	100,0%
	Notfall	Anzahl	1	1	2
		% innerhalb von OP-Indikation	50,0%	50,0%	100,0%
Gesamt	Anzahl	99	203	302	
	% innerhalb von OP-Indikation	32,8%	67,2%	100,0%	

**Tab.4: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Indikation**

Ein signifikanter Unterschied zwischen den Stufen der OP-Dringlichkeit konnte nicht bewiesen werden ( $p=0,77$ ). In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die Odds Ratio 1,049 [95%-CI 0,425-2,590],  $p=0,917$ . Dringliche- oder Notfalleingriffe beinhalten in dieser Stichprobe kein größeres Risiko der Hypothermie.

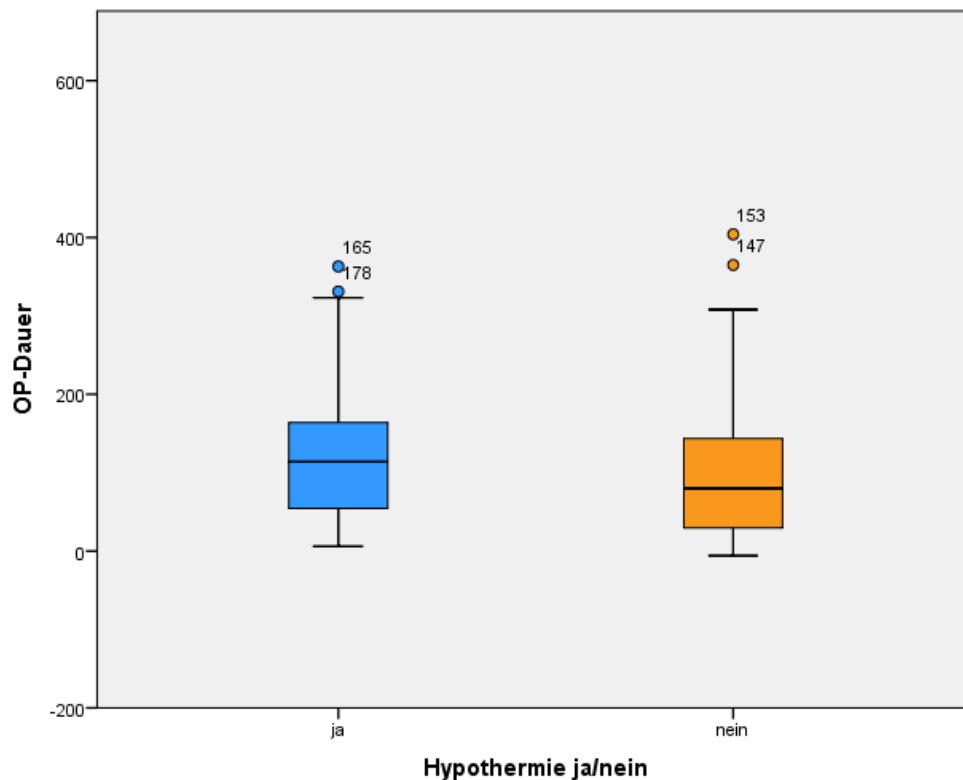
#### 4.3.2 Operationsdauer

Für die Auswertung der OP-Dauer wurden die Patienten in 5 Gruppen eingeteilt. Folgende Abbildung zeigt die Verteilung der Fälle in den Gruppen.



**Abb.16: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Dauer.** Das Risiko einer intraoperativen Hypothermie steigt mit längerer OP-Dauer.

Der prozentuale Anteil der hypothermen gegenüber den normothermen Patienten steigt mit längerer OP-Dauer, bis sie bei längsten Eingriffen mit über 240 Minuten wieder abfällt. Die Mittelwerte der Patienten unterscheiden sich signifikant ( $p=0,01$ ). Der Mittelwert der OP-Dauer in der Gruppe der Hypothermen betrug 123 min (Minimum 6 min, Maximum 363 min), hingegen waren es 98 min in der Gruppe ohne Hypothermie (Minimum 3 min, Maximum 404 min).



**Abb.17: OP-Dauer unter Berücksichtigung des Auftretens von Hypothermie mit Mittelwerten und 95%-Konfidenzintervallen.** Operationen mit aufgetretener intraoperativer Hypothermie dauerten im Mittel 25 Minuten länger als Operationen ohne Hypothermie.

Anschließend wurde das Risiko für Eingriffe  $\leq 60$  min und  $> 60$  min untersucht. Die Odds Ratio für Eingriffe  $\leq 60$  min/ $> 60$  min ist 0,526 [95%-CI 0,313-0,883],  $p=0,014$ . Das Risiko für Eingriffe kürzer als eine Stunde ist ca. halb so groß wie für Operationen, die länger als eine Stunde dauern.

In der logistischen Regressionsanalyse für die OP-Dauer beträgt die OR=0,751 [95%-CI 0,612-0,921], und weist auf einen negativen Zusammenhang hin. Mit steigender OP-Dauer sinkt die Wahrscheinlichkeit, keine Hypothermie zu erleiden. Auch dieses Ergebnis war stark signifikant ( $p=0,006$ ).

Das bedeutet, dass die Länge eines operativen Eingriffs ein eindeutiger Risikofaktor für die Entwicklung einer intraoperativen Hypothermie gewertet werden kann.



#### 4.3.3 Fachabteilungen

Die Probandenanzahl in den Fachgruppen war annähernd gleich, in der Allgemein-, Viszeral- und Gefäßchirurgie wurden 52 Patienten gemessen, in der Herz- und Thoraxchirurgie und Urologie 50, jeweils 51 Patienten in der Gynäkologie und Unfallchirurgie und 48 Patienten in der Neurochirurgie. Die folgende Tabelle zeigt die Inzidenz der perioperativen Hypothermie in den einzelnen Fachbereichen.

			Hypothermie ja/nein		Gesamt
			ja	nein	
Fachgruppe	AVC	Anzahl	20	32	52
		% innerhalb von Fachgruppe	38,5%	61,5%	100,0%
	HTC	Anzahl	26	24	50
		% innerhalb von Fachgruppe	52,0%	48,0%	100,0%
	UCH	Anzahl	16	35	51
		% innerhalb von Fachgruppe	31,4%	68,6%	100,0%
	NCH	Anzahl	19	29	48
		% innerhalb von Fachgruppe	39,6%	60,4%	100,0%
	Urologie	Anzahl	7	43	50
		% innerhalb von Fachgruppe	14,0%	86,0%	100,0%
	Gynäkologie	Anzahl	11	40	51
		% innerhalb von Fachgruppe	21,6%	78,4%	100,0%
Gesamt	Anzahl	99	203	302	
	% innerhalb von Fachgruppe	32,8%	67,2%	100,0%	

**Tab.5: Risiko für perioperative Hypothermie in den einzelnen Fachabteilungen**

Auffällig ist die besonders hohe Inzidenz intraoperativer Unterkühlung in der Herz-Thorax-Chirurgie und andererseits das niedrige Risiko für Eingriffe der Urologie und Gynäkologie. Hier konnte die Fachabteilung als signifikanter Risikofaktor für die Entwicklung intraoperativer Unterkühlung eruiert werden ( $p=0,001$ ).

#### 4.3.4 Art des chirurgischen Eingriffs

Bei den Arten des chirurgischen Eingriffs wurde zwischen Laparotomie, Laparoskopie, Thorakotomie (auch Mini-Thorakotomie), Kraniotomie und anderen (Osteosynthesen, Weichteileingriffe, gefäßchirurgische Eingriffe, diagnostische Eingriffe wie Zystoskopien, Ureterskopien, Hysteroskopien) unterschieden. Die folgende Tabelle zeigt die Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zugangswege.

			Hypothermie ja/nein		Gesamt
			ja	nein	
Art der OP/OPS	Laparoskopie	Anzahl	10	22	32
		% innerhalb von Art der OP/OPS	31,3%	68,8%	100,0%
	Laparotomie	Anzahl	9	12	21
		% innerhalb von Art der OP/OPS	42,9%	57,1%	100,0%
	Thorakotomie	Anzahl	21	17	38
		% innerhalb von Art der OP/OPS	55,3%	44,7%	100,0%
	Kraniotomie	Anzahl	3	11	14
		% innerhalb von Art der OP/OPS	21,4%	78,6%	100,0%
	andere	Anzahl	56	141	197
		% innerhalb von Art der OP/OPS	28,4%	71,6%	100,0%
Gesamt	Anzahl	99	203	302	
	% innerhalb von Art der OP/OPS	32,8%	67,2%	100,0%	

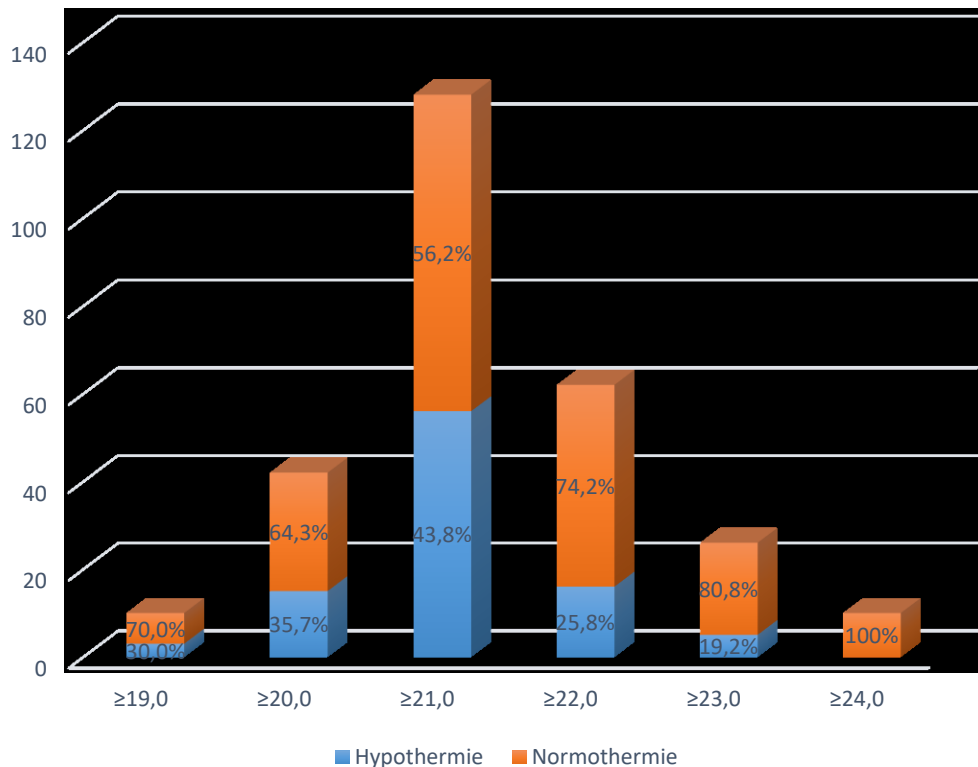
**Tab.6: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit des chirurgischen Zugangsweges**

Hier konnte ein signifikanter Unterschied in der Inzidenz der Hypothermie zwischen den einzelnen Zugangswegen festgestellt werden ( $p=0,016$ ).

Besonders auffällig ist die hohe Inzidenz bei Thorakotomien und niedrige Inzidenzen bei Kraniotomien und anderen Eingriffen. Dies korreliert auch mit den Ergebnissen zu den Fachabteilungen.

#### 4.3.5 OP-Saaltemperatur zum Schnitt und zur Naht

Bei jeder Operation wurde die Temperatur im Operationssaal als Umgebungsbedingung erfasst. Dies konnte bei 278 Operationen erfolgen (92,1%), bei 24 Operationen (7,9%) konnte keine Temperaturerfassung stattfinden, da ein OP-Saal der Gynäkologie zum Untersuchungszeitpunkt nicht die technischen Voraussetzungen dafür besaß. Die Durchschnittstemperatur der OP-Säle zum Schnitt betrug 21,7°C. In der folgenden Abbildung ist die Verteilung der Eingriffe in den Temperaturgruppen dargestellt.



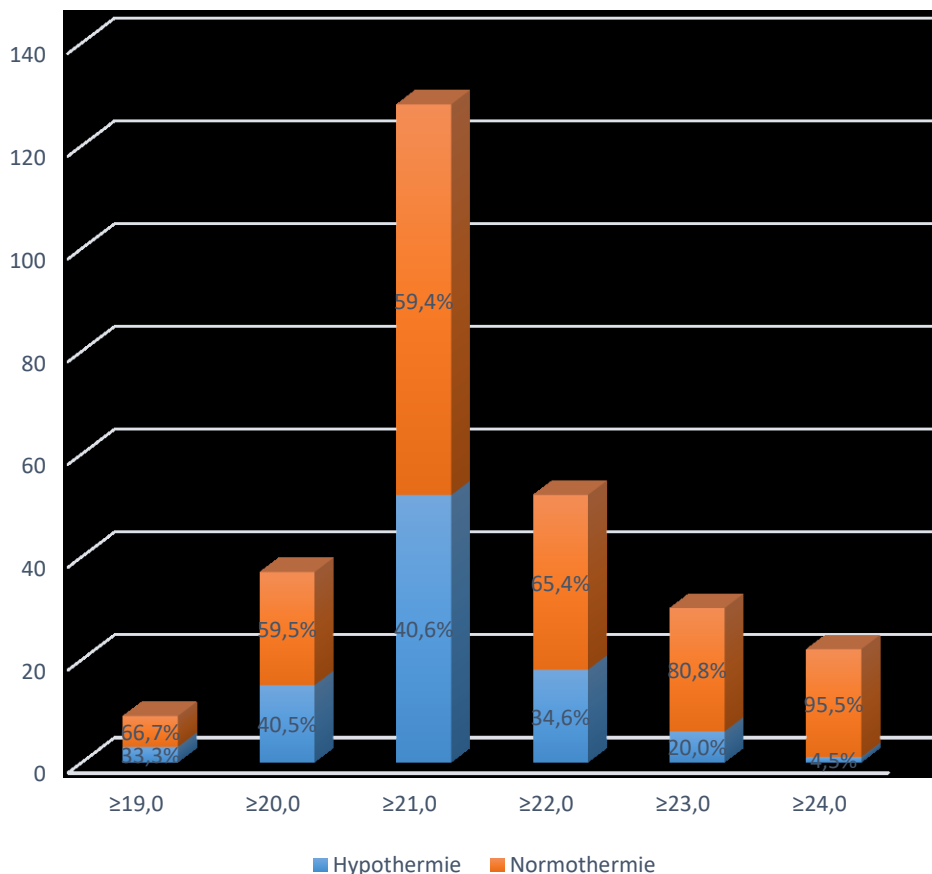
**Abb.18: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Saaltemperatur zum Schnitt.** Bei Saaltemperaturen von über 22,0°C kam es zu signifikant weniger intraoperativen Hypothermien.

Dieses Ergebnis kann als signifikant angesehen werden ( $p=0,010$ ).

In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die Odds Ratio=1,411 [95%-CI 1,099-1,811],  $p=0,007$  und gibt somit einen positiven Zusammenhang zwischen der Temperatur zum Schnitt und dem Auftreten einer Hypothermie wieder. Mit jeder Skaleneinheit steigt die Chance um 40%, dass keine Hypothermie eintritt.

Somit kann angenommen werden, dass die Temperatur im OP-Saal zum Zeitpunkt des Schnittes einen signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer perioperativen Hypothermie hat.

Derselbe Zusammenhang wurde mit der Temperatur zum OP-Ende untersucht und der Zeitpunkt der Naht als Messzeitpunkt definiert. Auch hier konnten bei 24 Operationen keine Werte erfasst werden und somit erfolgt die Auswertung von 278 Fällen (92,1%). Die Durchschnittstemperatur zur Naht betrug 21,8°C. Nachfolgend wird die Verteilung der hypo- und normothermen Patienten über die Temperaturen dargestellt.



**Abb.19: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Saaltemperatur zur Nacht.** Niedrige Saaltemperaturen von unter 23,0°C zur Nacht gingen signifikant häufiger mit Hypothermien einher.

Hier konnte derselbe Zusammenhang wie bei der Schnitttemperatur nachgewiesen werden, der Unterschied der Mittelwerte erwies sich als statistisch signifikant ( $p=0,014$ ).

In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die Odds Ratio 1,411 [95%-CI 1,099-1,811]. Mit einem Anstieg des Skalenwertes um 1 Einheit erhöht sich die Wahrscheinlichkeit um 45%, dass keine Hypothermie eintritt.

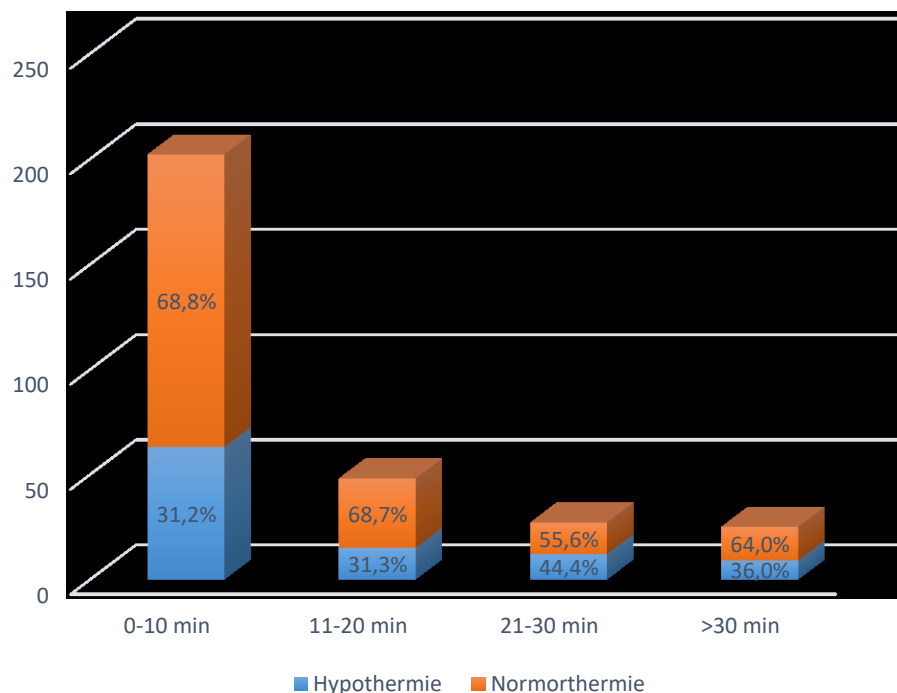
Es ist statistisch signifikant, dass es mit steigender Saaltemperatur zum Schnitt und zur Nacht seltener zur Hypothermie kommt. Unabhängig von anderen Faktoren ist eine höhere Raumtemperatur ein protektiver Faktor für die perioperative KKT.

## 4.4 OP-Zeiten

### 4.4.1 Zeit vom Einschleusen bis zum Anästhesiebeginn

Es wurde analysiert, ob die Zeitdauer vom Einschleusen in den OP-Trakt bis zum Beginn von anästhesiologischen Maßnahmen (Befragung durch Anästhesisten, Anlage des intraoperativen Monitorings, Zugänge legen, Lagerung) einen Einfluss auf

die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie hat. Das Minimum dieses Zeitabschnittes waren 0 Minuten (64 Fälle), das Maximum lag bei 72 Minuten (1 Fall). Der Mittelwert für hypotherme Patienten beträgt 11,7 Minuten, für normotherme Patienten 10,0 Minuten. Für die bessere Auswertung der heterogenen Daten wurde die Zeitdauer gruppiert.

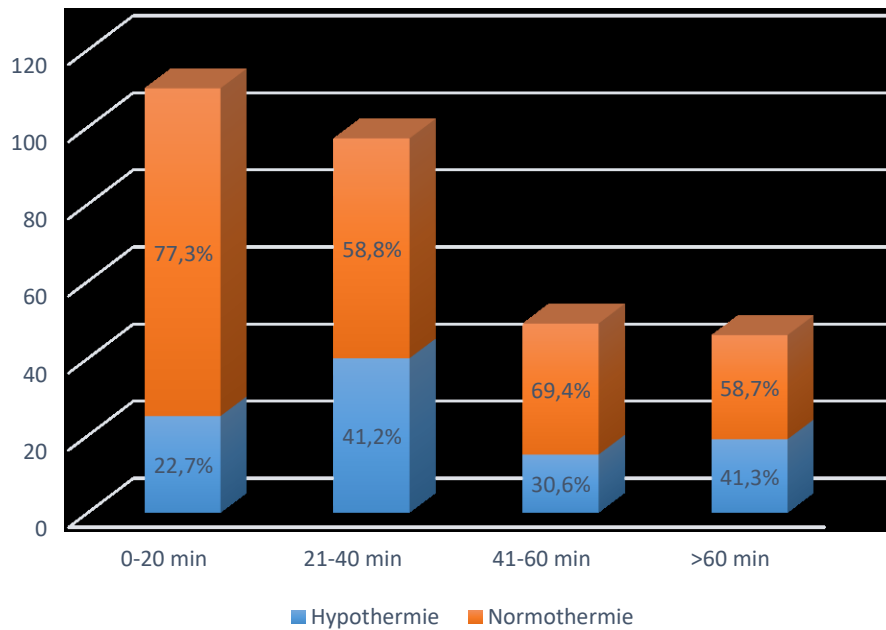


**Abb.20: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Anästhesiebeginn.** Auffällig ist die annähernd gleiche Inzidenz in den verschiedenen Zeitkategorien mit Ausnahme der Dauer 21-30 min.

Der Unterschied der Mittelwerte zwischen den einzelnen Gruppen nicht eindeutig signifikant ( $p=0,31$ ). In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die Odds Ratio 0,936 [95%-CI 0,815-1,076],  $p=0,35$ . Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Dauer vom Einschleusen bis zum Anästhesiebeginn in dieser Stichprobe keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer Hypothermie hat.

#### 4.4.2 Zeit vom Anästhesiebeginn bis zur Freigabe

Die minimale Dauer vom Anästhesiebeginn bis zur Freigabe betrug 0 Minuten, das Maximum lag bei 195 Minuten. Der Mittelwert der hypothermen Gruppe beträgt 38,0 Minuten, 31,7 Minuten hingegen bei den Patienten ohne Unterkühlung. Abb.21 zeigt die Verteilung der Patienten mit und ohne Hypothermie.



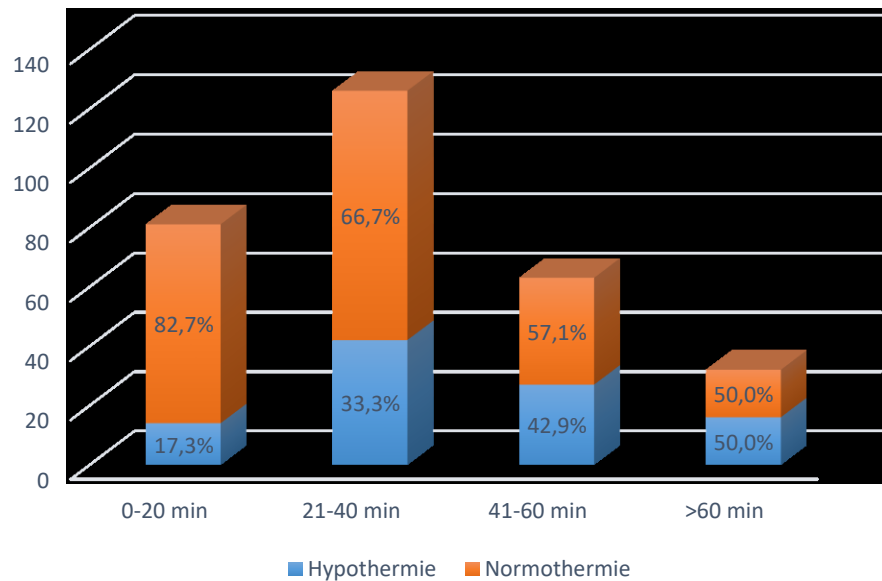
**Abb.21: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zur Anästhesiefreigabe.** Bei einer kurzen Zeit von Anästhesiebeginn bis Freigabe (<21 min) ist das Risiko für eine intraoperative Hypothermie signifikant geringer als bei einer Zeitdauer >21 min.

Die Mittelwerte in der Gruppe der hypothermen und normothermen Probanden unterscheiden sich signifikant ( $p=0,02$ ). Auch in der logistischen Regressionsanalyse gibt es einen Zusammenhang zwischen der Dauer von Anästhesiebeginn und-freigabe und dem Auftreten einer Hypothermie (Odds Ratio=0,849, [95%-CI 0,735-0,981],  $p=0,026$ ). Somit kann davon ausgegangen werden, dass die Zeitdauer vom Anästhesiebeginn bis zur Freigabe für den OP einen signifikanten Einfluss auf die Ausbildung einer akzidentiellen Hypothermie hat.

#### 4.4.3 Zeit von der Freigabe bis zum Schnitt

In der Zeit von der Anästhesie-Freigabe bis zum Schnitt werden präoperative Vorbereitungen ergriffen, es erfolgt meist die Entkleidung des Patienten, optimale Lagerung auf dem Operationstisch, steriles Abwaschen und Abdecken, Vorbereitung der für die Operation benötigten Instrumente und Vorbereitung des OP-Teams.

Die minimale Zeit von der Freigabe bis zum Schnitt betrug 2 Minuten, die maximale Zeit 120 Minuten. Der Mittelwert bei unterkühlten Patienten lag bei 41,5 Minuten, bei normothermen bei 31,3 Minuten. Abb.22 zeigt die Verteilung der Patienten mit und ohne Hypothermie.

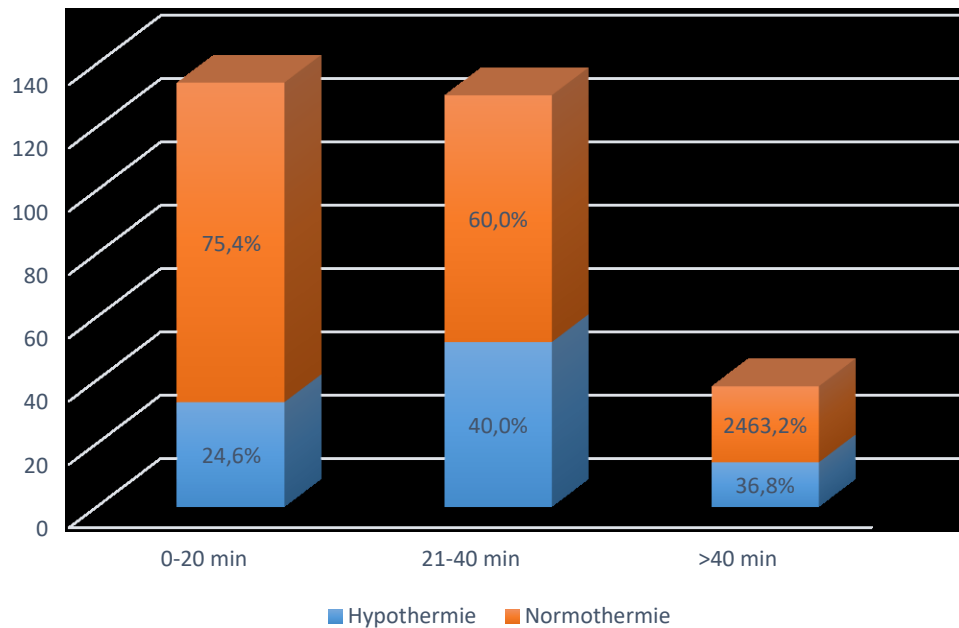


**Abb.22: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Schnitt.** Die Inzidenz unterkühlter Patienten steigt, je länger der Zeitraum von Anästhesiefreigabe bis zum Schnitt ist.

Der Inzidenzunterschied ist statistisch eindeutig signifikant ( $p < 0,001$ ). In der logistischen Regression gibt es einen negativen Zusammenhang zwischen der Dauer der Anästhesiefreigabe bis zum Schnitt und dem Auftreten einer Hypothermie (Odds Ratio=0,650, [95%-CI 0,514-0,822]). Das Ergebnis ist ebenfalls stark signifikant ( $p < 0,001$ ). Mit steigender Zeitdauer steigt auch das Risiko, eine Hypothermie zu erleiden.

#### 4.4.4 Zeit von der Naht bis zur Verlegung AWR/ITS

Die minimale Dauer von der Naht bis zur Verlegung in den Aufwachraum war 1 Minute, die maximale Dauer 180 Minuten. Der Mittelwert war bei hypothermen Patienten 26,7 Minuten und 24,4 Minuten bei normothermen Probanden.



**Abb.23: Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Beginn AWR/ITS.** Trotz unterschiedlicher Inzidenzen hat die Zeitdauer von der Hautnaht bis zur Verlegung in den AWR oder die ITS keinen signifikanten Einfluss auf eine perioperative Hypothermie.

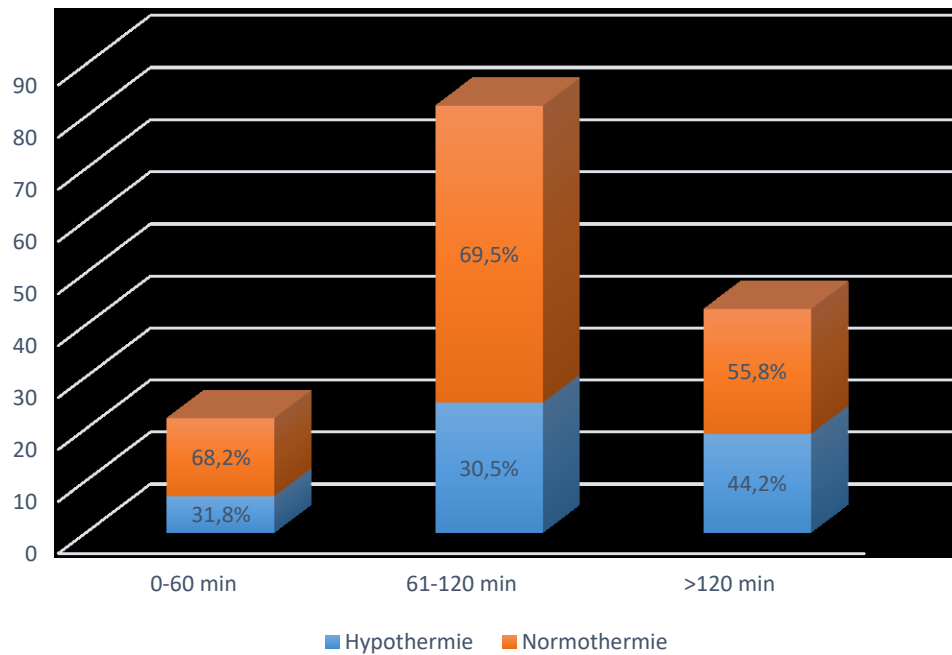
Nach Überprüfung stellt sich der Unterschied zwischen den unterschiedlichen Zeitabschnitten als nicht signifikant dar ( $p=0,25$ ). In der logistischen Regressionsanalyse beträgt die OR 0,789 [95%-CI 0,585-1,063],  $p=0,119$ . Es kann also kein Zusammenhang zwischen der unterschiedlichen Zeitdauer von der Naht bis zum Beginns des Aufwachraums und dem Auftreten einer perioperativen Hypothermie gefunden werden.

#### 4.4.5 Zeit von Beginn bis Ende Aufwachraum

Da ein größerer Teil der Patienten nach Operationsende auf die Intensivstation verlegt wurde und ein Fachgebiet auf Grund räumlicher Gegebenheiten keine Messung zuließ, konnten nur 147 (48,7%) Patienten zum Zeitpunkt der Verlegung vom Aufwachraum auf die Normalstation vermessen werden. Bei 155 (51,3%) Patienten existiert kein Wert für den definierten Zeitpunkt Ende AWR.

Die minimale Zeitdauer von Beginn bis Ende AWR waren 26, das Maximum 321 Minuten. Der Mittelwert lag bei 114,1 Minuten (Hypothermie) und 104,3 Minuten (keine Hypothermie).





**Abb.24: Inzidenz der Hypothermie und Länge der Zeitdauer bis zur Verlegung auf Normalstation.** Patienten mit intraoperativer Hypothermie blieben häufiger länger als 120 min im Aufwachraum als Patienten mit Normothermie.

Das Ergebnis ist nicht signifikant ( $p=0,22$ ). In der logistischen Regression beträgt OR 0,924 [95%-CI 0,723-1,180],  $p=0,526$ . Die Zeitdauer von Verlegung in den Aufwachraum bis zur Verlegung auf die Normalstation kann nicht in Zusammenhang gebracht werden mit einer perioperativen, akzidentiellen Hypothermie. Folglich führt eine intraoperative Hypothermie nicht signifikant zu einer verlängerten Aufwachraumphase.

## **5 Diskussion**

Das Ziel der prospektiven Kohortenstudie war, Inzidenz und Risikofaktoren einer perioperativen, akzidentiellen Hypothermie für das Universitätsklinikum Jena in 6 verschiedenen operativen Bereichen zu ermitteln. Es wurde angenommen, dass sich Patienten mit bestimmten Risikomerkmale deutlich hinsichtlich der Häufigkeit des Auftretens unterscheiden. Dafür wurde eine Kohorte von 302 Patienten aus den Fachgruppen der Allgemein-, Gefäß- und Viszeralchirurgie, Herz- und Thoraxchirurgie, Unfallchirurgie, Neurochirurgie, Gynäkologie und Urologie im Zeitraum vom 01.10.2014 bis 31.12.2014 am Universitätsklinikum in Jena untersucht. Da die unbeabsichtigte Hypothermie während operativer Eingriffe eine Reihe an Folgekomplikationen wie erhöhte Blutverluste, höhere Rate an Wundinfektion und besonders kardiale Nebenwirkungen mit sich bringen kann (Frank et al. 1997, Burger und Fitzpatrick 2009, Doufas 2003), ist es wichtig, Patienten mit einem besonders hohen Risiko zu erkennen und der Entstehung bereits prä- und intraoperativ mit geeigneten Maßnahmen entgegen zu wirken.

### **5.1 Bewertung der Inzidenz**

In der vorliegenden Kohortenstudie betrug die Inzidenz der perioperativen, akzidentiellen Hypothermie 32,8% (99 von 302 Patienten). Dies liegt im Vergleich zu bisher in Studien publizierten Ergebnissen eher im unteren Bereich. So berichten andere Quellen beispielsweise über Inzidenzen von 21,3% (Wetz et al. 2016), 25,7% (Yang et al. 2015), 28% (Leijtens et al. 2013), 39,9% (Yi et al. 2015), 41,0% (Karalapillai et al. 2009), 57,8% (Abelha et al. 2005), bis zu 70% (Burger und Fitzpatrick 2009) oder gar 72,1% (Long et al. 2013).

Teilweise werden große Spannweiten von 25-90% ohne weitere Festlegung genannt (Torossian et al. 2015). Die Angaben in der Literatur schwanken also stark. Eine Gemeinsamkeit ist, dass der Großteil der Studien ebenfalls eine bereits einmalige Messung der Körperkerntemperatur von unter 36,0°C als Hypothermie definierte (Yi et al. 2015, Yang et al. 2015, Karalapillai et al. 2009). Das Studiendesign, die Studienbedingungen, das Patientengut und die Ein- und Ausschlusskriterien und somit auch die jeweiligen Ergebnisse unterschieden sich jedoch in großem Maße, sodass ein Vergleich der Gesamtinzidenz schwerfällt. Die Studie von Yang et al. war ebenfalls eine prospektive Kohortenstudie mit Einschluss von 1840 Patienten, die sich chirurgischen Eingriffen unter Allgemeinanästhesie unterzogen. Auch hier wurden

patienten- und operationsseitige Merkmale wie Geschlecht, Alter, Art und Dauer der OP und der Einsatz aktiver versus passiver Wärmemaßnahmen evaluiert (Yang et al. 2015). Allerdings wurden hier keine Eingriffe in regionaler oder rückenmarksnaher Anästhesie eingeschlossen. Ebenfalls vergleichbar ist die Inzidenz mit der Studie von Yi et al. Auch dort wurden prospektiv 830 Patienten auf Risikofaktoren untersucht. Die Inzidenz betrug in dieser Studie 39,9%, hier wurden allerdings nur 10,7% aller Patienten mit aktiven Wärmemaßnahmen vor Auskühlung geschützt (Yi et al. 2015). Die Inzidenz in der vorliegenden Studie reiht sich somit in die Ergebnisse anderer Studien ein.

## **5.2 Patientenmerkmale**

Zunächst sollten Charakteristika der Patienten wie Geschlecht, Alter, BMI, ASA-Klassifikation, Vorerkrankungen und Körpertemperatur zum Zeitpunkt des Einschleusens (=Ausgangs-Körperkerntemperatur) als Risikofaktoren untersucht werden.

Das Geschlecht hatte in unserer Untersuchung keinen signifikanten Einfluss auf die Entwicklung einer intraoperativen Hypothermie. Dies deckt sich auch mit den Ergebnissen anderer Studien an Erwachsenen (Yang et al. 2015, Luck et al. 1999), bei denen das Geschlecht nicht als Risikofaktor ermittelt werden konnte. Zu einem anderen Ergebnis kam jedoch bei Wetz et al. 2016. Dort wurde neben dem Alter das männliche Geschlecht als Risikofaktor für intraoperative Auskühlung identifiziert. Zwar konnten wir bei unserer Studie ebenfalls ein höheres Risiko bei Männern gegenüber Frauen identifizieren (36,4% vs. 29,1%), dies war jedoch nicht signifikant. Das steht auch im Gegensatz zu der Vermutung, dass Männer eine größere Muskelmasse als Frauen haben und somit eine größere endogene Wärmeproduktion aufweisen (Luna et al. 1987). Wetz et al. hat allerdings lediglich patientenseitige Risikofaktoren (Geschlecht, Alter, ASA-Klassifikation, BMI) für bereits präoperativ bestehende Hypothermie untersucht. Unsere Studie schließt auch intra- und postoperative Hypothermie, z.B. im Aufwachraum ein und wäre somit nur bei Betrachtung der Ausgangskörpertemperatur vergleichbar.

Nachfolgend wurde das Patientenalter untersucht. Die Inzidenz der Hypothermie stieg mit ansteigendem Alter in den Altersgruppen (28,9% in der Altersgruppe 18-30 Jahre gegenüber 37,0% bei Patienten im Alter von über 75 Jahren), allerdings stellte sich dies als nicht signifikant dar ( $p=0,238$ ). Das Ergebnis unterscheidet sich von einigen

Angaben in der Literatur, in denen mit fortschreitendem Patientenalter auch eine Korrelation zur perioperativen Hypothermie gefunden wurde (Frank et al. 1992, Yang et al. 2015) und das Alter als wichtiger prognostischer Faktor für das Unterkühlen deklariert wird (Bierens et al. 1995). Mehta und Barclay konnten ein Alter von über 70 Jahren als Risikofaktor für die Entstehung einer Hypothermie zu Beginn eines chirurgischen Eingriffes ermitteln (Mehta und Barclay 2014). Grund für das schnellere Auskühlen älterer Patienten könnten hierbei die reduzierten physiologischen Reserven sein, denn mit fortgeschrittenem Alter sind die Kompensationsmechanismen gegenüber Stressoren reduziert oder sogar ausgefallen (Tappen und Andre 1996). Macario und Dexter definieren ganz klar Neugeborene als risikobehaftet für Hypothermie (Macario und Dexter 2002), allerdings waren Patienten von unter 18 Jahren aus der vorliegenden Studie ausgeschlossen und somit nicht vergleichbar. Eine Erklärung für die Diskrepanz der bisher publizierten und unseren Ergebnissen könnten die unterschiedlichen Rahmenbedingungen der Studien und die Auswahl des Patientenkollektivs sein. Eine Studie, in der fortgeschrittenes Alter ebenfalls als Risikofaktor genannt wurde, bezog beispielsweise nur Patienten in Allgemeinanästhesie ein (Kasai et al. 2002). Operationen unter rückenmarksnaher Anästhesie wie Spinal- und Periduralanästhesie und auch periphere Nervenblockaden wurden ausgeschlossen, wobei davon ausgegangen werden kann, dass ältere Patienten auf Grund von Vorerkrankungen häufiger regionalanästhetische Verfahren bekommen und somit eventuell auch seltener auskühlen. Eine weitere Studie konnte ebenfalls keinen Zusammenhang zwischen Alter und dem Auftreten einer Hypothermie finden, diese sehen nur große Eingriffe und Bluttransfusionen als Risikofaktoren (Flores-Maldonado et al. 1997), sodass sich hier die Ergebnisse mit der vorliegenden Arbeit gleichen. Unterstützend ist auch das Fazit, dass sich jüngere (<40 Jahre) und ältere (>40Jahre) Patienten postoperativ nicht signifikant in der Körperkerntemperatur unterscheiden ( $36,7^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  bei den jüngeren gegenüber  $36,4^{\circ}\text{C} \pm 0,1^{\circ}\text{C}$  bei den älteren Patienten) (El-Gamal et al. 2000).

Auch bei der Untersuchung der Körpergröße und des Körpergewichtes, zusammengefasst unter dem BMI ( $\text{kg/m}^2$ ), konnte kein statistisch signifikantes Ergebnis erzielt werden ( $p=0,4$ ). Das Körpergewicht als alleinstehender Faktor hat folglich keinen statistisch signifikanten Einfluss auf die Entstehung einer perioperativen Hypothermie (Frank et al. 2000). Eine bereits erwähnte Studie zu Risikofaktoren der

Hypothermie unter Allgemeinanästhesie hingegen beschreibt Übergewicht und Adipositas als protektiven Faktor für den intraoperativen Wärmeerhalt (Yi et al. 2015), während ein kleines Verhältnis von Körpergewicht zu -oberfläche als Risikofaktor bei einer Studie zu Hypothermie während Lebertransplantationen beschrieben wird (Han et al. 2014). Auch Macario und Dexter nennen einen schlanken Habitus unter einer Reihe von Risikofaktoren (Macario und Dexter 2002).

Eine kleine Studie an 22 ausschließlich weiblichen, vorgewärmten Patientinnen fand eine geringere Inzidenz perioperativer Hypothermie bei Patientinnen mit einem BMI > 30kg/m<sup>2</sup> (Fernandes et al. 2012). Allerdings gibt es Hinweise dafür, dass nicht die isolierende Körperfettschicht bei adipösen Patienten das Hypothermie-Risiko vermindert, sondern eine erhöhte Vasokonstriktionsschwelle (Kasai et al. 2003). Diese hilft Patienten mit einem erhöhten Körperfettanteil vor allem in den Stunden 2-3 intraoperativ ihre Normaltemperatur zu behalten (Yamakage et al. 2000). Allerdings sind eben diese Arbeiten nach dem Körperfettanteil ausgerichtet, während unsere Arbeit sich mit dem zusammenfassenden Faktor BMI beschäftigt hat. Dies deckt sich auch mit unseren Beobachtungen, dass die Inzidenz der Hypothermie mit steigendem BMI sinkt (50,0% bei einem BMI von 15-20 kg/m<sup>2</sup> gegenüber 28,9% bei einem BMI von >30 kg/m<sup>2</sup>). Allerdings konnte hier keine Signifikanz im Unterschied zwischen einzelnen BMI-Gruppen gefunden werden. Diese Diskrepanz lässt sich möglicherweise unter anderem mit einem kleinen Stichprobenumfang und einer größeren Heterogenität der Studienpopulation (z.B. Allgemein- und Regionalanästhesie) erklären.

Im Rahmen der Patientenmerkmale wurde auch das Vorhandensein von Vorerkrankungen erfasst und nach dem Charlson-Komorbiditätsindex ausgewertet. Von 149 Patienten mit Vorerkrankungen erlitten 35,6% eine Hypothermie, ohne Vorerkrankungen waren es 30,1% mit einer Hypothermie. Auch das Vorhandensein von Vorerkrankungen konnte in dieser Studie nicht als signifikanter Risikofaktor gewertet werden. Auch nach der Auswertung der Vorerkrankungen mittels Charlson Komorbiditätsindex und Punktevergabe für jeden Fall ergibt sich in der logistischen Regression keine Signifikanz. Die Guidelines für perioperative Hypothermie sehen Vorerkrankungen, die die Thermoregulation beeinträchtigen, als Risikofaktoren (Torossian et al. 2015). Darunter zählen sie Diabetes mellitus mit Polyneuropathie, Hypothyreose und Sedativa- und Psychopharmakaeinnahme. Bräuer et al. fügen noch

Kachexie und Querschnittslähmung hinzu und bezeichnen Hypertonie, Hyperthyreose und präoperatives Fieber als protektive Faktoren (Brauer et al. 2006). Allerdings wurde die vorliegende Arbeit nicht selektiv nach Vorerkrankungen ausgewertet, sondern ein Gesamt-Score erfasst. Weiterhin wurde der Charlson Komorbiditätsindex gewählt. Er umfasst 19 bestimmte Erkrankungen. Dieser beinhaltet nicht die Schilddrüsenfunktion, Hyper- oder Hypotonie, Medikamenteneinnahme und Ernährungsstatus. Auch der Diabetes wurde nicht als eigenständige Erkrankung ausgewertet, sondern spiegelte sich im Gesamt-Score wieder, sodass ein Vergleich schwierig erscheint.

Im Gegensatz dazu zeigte sich die ASA-Klassifikation als Patientenmerkmal mit einem starken Einfluss auf die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie. Dies ist eine Klassifikation zur Einschätzung des perioperativen Risikos, welches mit höherer ASA-Klassifikation ebenfalls ansteigt. Die Inzidenz der Hypothermie ist abhängig von der ASA-Risikoklassifizierung. Das Risiko, eine perioperative Hypothermie zu erleiden, ist signifikant höher, je höher die ASA-Klassifizierung ist. Auch Torossian et al. bezeichnen eine Klassifikation größer als ASA I als Prädiktor für eine Auskühlung, die Ergebnisse gleichen sich hier (Torossian et al. 2015). Kongsayreepong et al. konnten für ASA II eine Odds Ratio von 2,87 [95%-Konfidenzintervall 0,82-10,03] und >ASA II eine Odds Ratio von 8,35 [95%-Konfidenzintervall 1,67-41,88] errechnen (Kongsayreepong et al. 2003). Auch hier ist eine Klassifikation ASA>II mit einem höheren Risiko behaftet und unterstützt die Ergebnisse dieser Arbeit. Die Ursache für das höhere Hypothermierisiko mit steigender ASA-Klassifikation könnte die abnehmende Wirksamkeit der gegenregulatorischen Maßnahmen bei eintretendem Temperaturabfall sein. Die Beeinträchtigung der Patienten steigt exponentiell mit höherer Klassifikation an, sodass hierbei Maßnahmen wie Vasokonstriktion, Muskelzittern und endogene Wärmeproduktion unabhängig von anderen Faktoren herabgesetzt sind.

Ein weiterer Risikofaktor auf Seiten der Patientenmerkmale ist die Körperkerntemperatur zu Beginn der Anästhesie bzw. des operativen Eingriffs. Eine niedrige Eingangs-KKT von  $<36,4^{\circ}\text{C}$  zeigte sich in unserer Studie als signifikanter Risikofaktor für perioperative Hypothermie. Patienten mit einer Ausgangs-KKT von  $\leq 36,4^{\circ}\text{C}$  hatten ein um 327% erhöhtes Risiko, perioperativ zu unterkühlen als Patienten mit einer KKT  $>36,4^{\circ}\text{C}$ . Mehta und Barclay bestätigen unsere Ergebnisse und sehen eine Temperatur von  $<36,5^{\circ}\text{C}$  als Risikofaktor für intraoperative

Unterkühlung (Mehta und Barclay 2014). Zu ähnlichen Ergebnissen kam eine pädiatrische Studie (Kioko et al. 2013). Dort konnte gezeigt werden, dass Patienten, die eine intraoperative Hypothermie entwickelten, eine signifikant niedrigere initiale Körperkerntemperatur aufwiesen ( $36,6 \pm 0,6^{\circ}\text{C}$ ) als Patienten ohne intraoperative Hypothermie (Ausgangs-KKT  $37,0 \pm 0,5^{\circ}\text{C}$  ( $p < 0,0001$ )). Macario und Dexter definierten ebenfalls eine niedrige KKT zum Zeitpunkt der Narkoseeinleitung als eigenständigen Risikofaktor (Macario und Dexter 2002). Auch in einer bereits erwähnten Studie an Erwachsenen stellte eine hohe präoperative Körperkerntemperatur einen protektiven Faktor für die Entwicklung einer Hypothermie dar ( $\text{OR} = 0,31$  [95%-CI 0,15-0,65]) (Kongsayreepong et al. 2003), was von Yi et al. bestätigt wurde (Yi et al. 2015). Abelha et al. kamen zu demselben Ergebnis, dass sich eine hohe Ausgangskörpertemperatur protektiv auswirkt (Abelha et al. 2005). Die Ergebnisse unserer Studie bestätigen somit die Resultate mehrerer internationaler Quellen. Eine initiale KKT von  $<36,4^{\circ}\text{C}$  kann als Risikofaktor für die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie gewertet werden. Bei einer initial niedrigeren Körperkerntemperatur ist davon auszugehen, dass der Temperaturabfall nach Anästhesieeinleitung nach dem üblichen Prinzip erfolgt und deshalb eine Hypothermie schneller auftritt.

Zusammenfassend lässt sich sagen, dass das Geschlecht kein signifikanter Risikofaktor für eine Hypothermie ist. Ein niedrigerer BMI und ein höheres Lebensalter sind gemäß anderen Quellen prädiktive Faktoren für die Auskühlung, dies konnte in dieser Arbeit allerdings nicht bestätigt werden. Als führende, vom Patienten ausgehende Risikofaktoren erscheinen die ASA-Klassifikation und die Körperkerntemperatur zum Zeitpunkt des Einschleusens. Eine Einstufung von  $\text{ASA} > \text{I}$  und eine Körperkerntemperatur  $<36,4^{\circ}\text{C}$  sind mit einem deutlich höheren Risiko behaftet, eine Hypothermie zu erleiden.

### **5.3 Anästhesiemerkmale**

Unter den Anästhesiemerkmale wurde zunächst die Art der Anästhesie untersucht, wobei zwischen Allgemeinanästhesie, rückenmarksnahen Verfahren (SPA, PDA), kombinierten Verfahren (Allgemeinanästhesie kombiniert mit rückenmarksnahen Verfahren), Lokalanästhesie und Leitungsanästhesie (alleinige Nervenblocken, Plexusblockaden) unterschieden wurde.

Die Inzidenz der Hypothermie unterschied sich deutlich zwischen den einzelnen Verfahren. So fand sich eine signifikant höhere Rate an Hypothermien bei Kombinationsanästhesien sowohl im Vergleich zu alleiniger Allgemeinanästhesie als auch zu rückenmarksnahen Verfahren. Ähnliche Ergebnisse erzielte eine Studie, die zeigen konnte, dass es in Operationssälen mit einer Raumtemperatur von  $21,3 \pm 0,3^{\circ}\text{C}$  zu einem schnelleren Temperaturabfall der KKT bei Allgemeinanästhesie als bei rückenmarksnaher Anästhesie kommt (Frank et al. 1992). Der Abfall der Körperkerntemperatur in Operationssälen mit einer Raumtemperatur von  $24,5 \pm 0,4^{\circ}\text{C}$  war hingegen bei Allgemein- und rückenmarksnahen Narkosen gleich. Dies erklärt sich durch Vasodilatation durch Opioide und Hypnotika, Hemmung vasokonstriktorischer Maßnahmen, vor allem durch den Einsatz von Muskelrelaxantien und Wärmeumverteilung im gesamten Körper während der Allgemeinanästhesie (Diaz und Becker 2010). Bei neuroaxialen Anästhesieverfahren findet die Wärmeumverteilung überwiegend in der unteren Körperhälfte bzw. im betroffenen Operationsgebiet statt (Buggy und Crossley 2000). Es kommt durch sympathische Blocke afferenter Nervenfasern und Fehleinschätzung des thermoregulatorischen Zentrums zu einer Erhöhung der Neutralzone, allerdings beträgt diese Erhöhung bei regionalanästhetischen Verfahren von  $0,2^{\circ}\text{C}$  auf ca.  $0,6-0,8^{\circ}\text{C}$  (Sessler 1996) nur das ca. 3-4fache (Kurz et al. 1993), während es bei der Allgemeinanästhesie bis zu 20fach erhöht sein kann (Diaz und Becker 2010). Diese Fehleinschätzung kann ein Grund für größere Wärmeverluste bei Allgemeinanästhesie als bei alleinigen rückenmarksnahen Narkosen sein. Dabei konnten zwischen Spinal- und Periduralanästhesie keine Unterschiede bezüglich thermoregulatorischer Prozesse gefunden werden, sodass diese beiden Verfahren sich hinsichtlich intraoperativer Wärmeverluste nicht zu unterscheiden sind (Ozaki et al. 1994). Dass bei rein regionalanästhetischen Verfahren Wärmeverluste seltener auftreten, deckt sich mit der Erkenntnis von Diaz und Becker, dass volatile Anästhetika, Propofol und ältere Opioide durch periphere Vasodilatation stärkere Wärmeverluste über die Haut bewirken. Sie schreiben auch, dass Opioide die sympathische Aktivität inhibieren, dadurch in die Thermoregulation eingreifen und die thermische Komfortzone von  $0,2$  auf  $4,0^{\circ}\text{C}$  erhöht wird (Sessler 1991, Diaz und Becker 2010). Da Opioide und Hypnotika bei der Narkoseeinleitung sowohl bei balancierter, als auch bei i.v.-Anästhesie verwendet werden, ist davon auszugehen, dass es dadurch zu häufigerem Auskühlen kommt. Hinzu könnte die dosisabhängige Wirkung von beispielsweise



Isofluran kommen, bei der die Schwelle für thermoregulatorische Vasokonstriktion um 3°C pro 1% Isofluran-Konzentration sinkt (Stoen und Sessler 1990), während das Narkosegas auch das Maximum des Kältezitterns reduziert (Ikeda et al. 1998), welches bei einer Konzentration von beispielweise Isofluran erst bei einer end-tidalen Konzentration von weniger als 0,4% einsetzt (Sessler et al. 1991). Alle diese Effekte können bei Allgemein-, jedoch nicht bei regionaler Anästhesie auftreten. Bei der Kombination von Allgemein- und rückenmarksnaher Anästhesie kommt es zur Summation der Effekte, die zum intraoperativen Wärmeverlust führen und somit zu einem vergleichsweise noch größeren Temperaturabfall und Hypothermiegefahr. Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Kongsayreepong et al., die ebenfalls bei Kombination von epiduraler- und Allgemeinanästhesie das Risiko einer Hypothermie erhöht fanden (Odds Ratio 3,39 [95%-CI 1,05-10,88]) (Kongsayreepong et al. 2003). Auch Macario und Dexter, die neben Verbrennungen, einer geringen OP-Saaltemperatur, einem kleinen BMI und großen Blutverlusten vor allem die Kombination von Allgemeinanästhesie und neuroaxialer Anästhesie als Risikofaktor sehen, unterstützen die Resultate dieser Arbeit. Abelha et al. untersuchten die Risikofaktoren für postoperative Hypothermie im Rahmen der postoperativen intensivmedizinischen Nachsorge. Auch sie deklarieren neben der Länge des Eingriffs und der Anästhesiedauer die Allgemeinanästhesie und vor allem wiederum die gleichzeitige Anwendung von Allgemein- und Rückenmarksanästhesie während der operativen Eingriffe als Prädiktoren für intra- und postoperative Auskühlung. Eine Erklärung, warum besonders kombinierte Anästhesien zu großen Wärmeverlusten führen, beschrieben Joris et al. Besonders bei kombinierten Verfahren kommt es zu einem kontinuierlichen Wärmeverlust trotz der Aktivität von Effektormechanismen oberhalb des blockierten Areals (Joris et al. 1994). Außerdem wird die Vasokonstriktion in einem wichtigen Kompartiment, den Beinen, gehemmt. Dies führt zu zusätzlichen kontinuierlichen Wärmeverlusten und Auskühlung des Körperkerns anstatt dass ein Temperaturplateaus erreicht wird (Buggy und Crossley 2000). Für die Lokalanästhesie und Leitungsblockaden wurden keine signifikanten Unterschiede gefunden. Dies ist am ehesten auf die kleinen Fallzahlen bei diesen Narkoseverfahren zurückzuführen, möglicherweise aber auch auf die kleine Fläche des betäubten Areals oder der geringen oder fehlenden Sympathikolyse. Im Rahmen der unterschiedlichen Arten der Narkoseführung wurden auch verschiedene Medikamente zur Narkoseeinleitung- und aufrechterhaltung verwendet.

Dabei kann eine Allgemeinanästhesie als TIVA, meist mit Propofol als Hypnotikum, oder mit volatilen Anästhetika aufrechterhalten werden. Der Großteil der Narkosen (n=252) wurde mit volatilen Anästhetika geführt, 26 als TIVA. Dabei zeigten 33,7% im Rahmen einer balancierten Anästhesie und 42,3% bei TIVA eine Hypothermie. Zwischen den beiden Verfahren zur Narkoseaufrechterhaltung in der Allgemeinanästhesie ließ sich kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Hypothermie-Inzidenz finden. In der Literatur ist die Datenlage uneinheitlich. Eine Quelle berichtet, dass es bei Narkoseeinleitung mit Propofol häufiger zu Kernhypothermien kommt als bei Einleitung mit dem Narkosegas Sevofluran (Ikeda et al. 1999). Allerdings wird hier nur die Narkoseeinleitung verglichen, während die vorliegende Arbeit ebenfalls die Narkoseaufrechterhaltung einbezieht. Jung et al. konnten bei Patienten, die Tympanoplastiken bekamen, eine signifikant höhere Körperkerntemperatur bei Narkoseführung als TIVA im Vergleich zu volatilen Anästhetika ermitteln. Die thermoregulatorische Vasokonstriktionsschwelle war bei Narkosen mit Desfluran verzögert (Jung et al. 2014). In einer anderen Studie, bei der Propofol und Sevofluran während transsphänoïdaler Hypophysenresektionen hinsichtlich des Einflusses auf die Temperaturregulationen verglichen wurden, konnte hingegen kein signifikanter Unterschied auf die Temperatur bei Narkoseaufrechterhaltung mit i.v.- versus Inhalationsanästhetika gefunden werden (Chowdhury et al. 2012), was die hier vorliegende Arbeit unterstützen würde.

Untersucht wurde in der vorliegenden Studie weiterhin die intraoperative Anwendung von verschiedenen Wärmetherapien. Dabei wurden sowohl passive Maßnahmen angewendet (Wärmedecken als Ganzkörperdecke, Oberkörperdecke, Decke für untere Extremitäten) als auch aktive (Wärmematte, Warm Touch ebenfalls als Ganzkörpervariante oder nur mit Decken für die obere oder untere Körperhälfte je nach operativem Zugang). Alle Patienten erhielten dabei eine oder mehrere Formen von Wärmetherapie.

Die Anwendung aktiver Wärmemaßnahmen wirkte sich in unserer Studie nicht signifikant auf die Entstehung einer Hypothermie aus. Die OR für aktiven- gegenüber passiven Wärmemaßnahmen betrug 0,754 [95%-CI 0,416-1,368],  $p=0,35$ . Auch hier ist die Datenlage in der Literatur uneinheitlich. Im Rahmen von Kaiserschnitten konnte beispielsweise kein Einfluss zwischen aktiver und nicht aktiver Erwärmung auf die Entstehung einer Hypothermie gefunden werden (Butwick et al.

2007), während eine andere Studie einen deutlichen Benefit einer aktiven Erwärmung bei Spinalanästhesie zur Sektio fand (Chung et al. 2012). Eine andere Studie zur Untersuchung des Benefits von präoperativer Erwärmung mit Forced-Air-Warming hingegen konnte diesen nicht belegen (Adriani und Moriber 2013). Dort wurde das aktive Vorwärmen des Patienten und anschließende konventionelle intraoperative Erwärmung mit der alleinigen intraoperativen aktiven Wärmezufuhr verglichen und es konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich der Temperatur herausgearbeitet werden, sodass kein Vorteil in der präoperativen Vorwärmung gesehen wurde. In der Summe sind allerdings zahlreiche Studien veröffentlicht worden, bei denen aktive Wärmemaßnahmen, vor allem aber das Prewarming, also das Anwenden aktiver Wärmemaßnahmen vor der Narkoseeinleitung, einen deutlichen Vorteil gegenüber alleiniger passiver Erwärmung hatten. Die Effektivität des Prewarmings konnte ein systematisches Review aufzeigen, bei dem 14 klinische Studien berücksichtigt wurden (de Brito Poveda et al. 2013). Es konnte weiterhin gezeigt werden, dass aktives Forced-Air-Warming einen protektiven Effekt im Vergleich zu passiver Erwärmung und Wärmematten mit zirkulierender warmer Flüssigkeit hat (Nieh und Su 2016). Ein Benefit von Forced-Air-Warming wurde auch gegenüber Wärmematten nachgewiesen (John et al. 2016). Eine andere Studie, durchgeführt in 3 Gruppen (Gruppe 1: ohne intraoperative Wärmemaßnahmen, Gruppe 2: passive Wärmemaßnahmen, Gruppe 3: aktives Forced-Air-Warming) stellte dar, dass die KKT in den ersten beiden Gruppen intraoperativ signifikant sank, während sie in Gruppe 3 annähernd gleich blieb (Bennett et al. 1994). Torossian et al. fanden einen enormen Hypothermie-Inzidenzunterschied bei Anwendung aktiver und passiver Wärmemaßnahmen für elektive Operationen (38% mit aktiven Wärmemaßnahmen versus 60% mit konventionellen Wärmedecken) (Torossian et al. 2016). Eine weitere Studie konnte ebenfalls zeigen, dass präoperatives Forced-Air-Warming die Inzidenz einer Hypothermie senken, sie aber nicht komplett verhindern kann (Jo et al. 2015). Bleibt die Frage, welche Wärmemaßnahmen im prä- und intraoperativen Setting die geeignetsten sind, um große Wärmeverluste zu verhindern. Bei elektiven Hüft- und Knie-Totalendoprothesen bewiesen sich aktive Wärmemaßnahmen nach Anästhesieeinleitung als deutlich effektiver dem Wärmeerhalt dienend als low-flow-Anästhesie allein oder die Kombination mit Wärmedecken (Berti et al. 1997). Eine andere Studie fand, dass unter aktiver Erwärmung bei 75% der Patienten 15 Minuten postoperativ eine Normothermie erreicht werden konnte (Lynch et al. 2010). Ein Nachteil aktiver Wärmemaßnahmen ist

die immer wiederkehrende Diskussion um die erhöhte Infektionsgefahr. Mehrfach wurde berichtet, dass die Verwendung aktiver Wärmemaßnahmen auf Grund der Keimzirkulation mit erhöhter Infektionsgefahr einhergeht und es zu einer bis zu 31,5% höheren Kontaminationsrate kommen kann (Sigg et al. 1999). Andere Quellen schreiben, von aktiven Maßnahmen wie einem Bair Hugger/Warm Touch gehe keine erhöhte Infektionsgefahr aus (Moretti et al. 2009, Zink und Iazzo 1993). Später wurde bei Nutzung erwärmter Luft eine erhöhte Anzahl koloniebildender Bakterien im Operationssaal gefunden, was jedoch keine signifikante klinische Auswirkung hatte (Tumia und Ashcroft 2002). Eine Studie konnte die Rate an postoperativen Wundinfektionen mit 14% bei nicht-vorgewärmten und 5% in vorgewärmten Patienten identifizieren (Melling et al. 2001). Es konnte vielfach gezeigt werden, dass Hypothermie wiederum die Rate an Wundinfektionen erhöht (Reynolds et al. 2008, Wenisch et al. 1996, Kurz et al. 1996). Die vorliegende Studie kann die überwiegend einheitlichen Ergebnisse anderer Studien nicht bestätigen. Dies kann allerdings zunächst daran liegen, dass hier >80% aller Patienten aktiv erwärmt wurden und die Fallzahlen für passiv erwärmte Patienten zu niedrig ist. Weiterhin sind die Parameter univariabel ausgewertet. Die Wahl der Wärmemethoden würde hier mit der Operationsdauer korrelieren. Patienten, deren Operationen weniger als 30 Minuten andauern, werden, wie in den Leitlinien empfohlen, zumeist passiv gewärmt. Auf Grund dessen konnte kein signifikanter Unterschied hinsichtlich Hypothermie bei aktiven und passiven Wärmemaßnahmen gefunden werden.

Die Effektivität und Notwendigkeit der Anwendung von Wärmemaßnahmen ist letztendlich unbestritten. Mehrere Quellen konnten eindrucksvoll aufzeigen, dass aktive Wärmemaßnahmen einen Benefit gegenüber passiver Erwärmung haben (Lindwall et al. 1998, Moola und Lockwood 2011, Ihn et al. 2008). Es wurde auch darauf hingewiesen, dass sich der präoperative Beginn der Erwärmung positiv auf die KKT auswirkt (Brauer et al. 2010). Horn et al. stellten eine um 6% verringerte Inzidenz der Hypothermie infolge 15-minütiger präoperativer Erwärmung fest. Die Leitlinien empfehlen auf Grund dessen die aktive Wärmung eines Patienten für ca. 20min, mindestens aber 10min in der präoperativen Phase (Torossian et al. 2015).

Zusammenfassend ist in unserer Studie die Kombination aus Allgemein- und rückenmarksnaher Anästhesie führender Risikofaktor der anästhesienseitigen Bedingungen. Dies deckt sich mit bisherigen Ergebnissen in der Literatur. Die in

zahlreichen Studien gefundenen Ergebnisse, dass aktive Wärmemaßnahmen mit signifikant weniger Hypothermien einhergehen, konnte diese Arbeit nicht hinreichend bestätigen, möglicherweise weil mit ca. 80% der Patienten ein hoher Anteil aktiv gewärmt wurde.

#### **5.4 Operationsmerkmale**

Weiterhin sollten die Merkmale der Operation hinsichtlich des Einflusses auf die Entwicklung einer Hypothermie untersucht werden. Dabei stellte sich die Dauer der Operation als ein wesentlicher Einflussfaktor dar. Im Mittel dauerten Operationen, bei denen Patienten eine Hypothermie entwickelten, 123 Minuten, während der Mittelwert in der Gruppe ohne Hypothermie 98 Minuten betrug. Die Inzidenz der Hypothermie stieg signifikant mit längerer OP-Dauer. Das Risiko für Eingriffe kürzer als eine Stunde ist halb so groß wie für Operationen, die länger als eine Stunde dauern. Das bedeutet, dass die Länge eines operativen Eingriffs in unserer Studie als eindeutiger Risikofaktor für die Entwicklung einer intraoperativen Hypothermie gewertet werden kann. Dies deckt sich auch mit Angaben aus der Literatur, bei denen eine Dauer der Anästhesie von mehr als 2 Stunden (Dauer der Anästhesie 1-2h: OR=3,23, 95%-CI 2,19-4,78, Dauer der Anästhesie >2h: OR = 3.44, 95% CI 1.90-6.22) (Yi et al. 2015) und Länge der OP>2h (Odds Ratio, 4.50; 95% CI, 1.48-13.68) (Kongsayreepong et al. 2003) als Risikofaktoren angesehen wurden. Auch in anderen Studien wurde die Dauer der Anästhesie, die natürlich eng mit der Dauer der Operation korreliert, als Risikofaktor eingestuft (Yang et al. 2015). Diese Ergebnisse lassen sich zum Einen vor dem Hintergrund der Thermoregulation während der Narkose und mit den eingangs erwähnten Medikamentenwirkungen erklären. Die Regulation der Temperatur ist während einer Narkose beeinträchtigt (Lenhardt 2010). Die verminderte Wärmeproduktion, erhöhte Wärmeverluste und gestörte Autoregulation sind hierfür Gründe. Da es nach Narkoseeinleitung innerhalb der ersten Stunde zu einem Abfall um 0,5-2,0°C kommt (Fiedler 2001) und danach in den folgenden Stunden um ca. 1,0°C pro Stunde (Matsukawa et al. 1995), kommt es mit längerer OP- und Anästhesiedauer auch zu weiteren Wärmeverlusten.

Sechs verschiedene Fachrichtungen wurden hinsichtlich des Auftretens einer perioperativen Hypothermie untersucht. Die Fachabteilungen unterschieden sich in Inzidenz der Hypothermie signifikant. Einen deutlichen Unterschied gab es bei der Herz- und Thoraxchirurgie, deren Eingriffe mit einem höheren Risiko für Hypothermie

behaftet waren im Vergleich zu Eingriffen in der Unfallchirurgie, Urologie und Gynäkologie. Die beiden letztgenannten waren im gesamten Vergleich diejenigen mit dem geringsten Risiko. Möglicher Einflussfaktor kann neben der Größe und Komplexität der herz- und thoraxchirurgischen Eingriffe auch die Länge der Operationen sein. Operationen der HTC dauerten im Mittel 149 Minuten, während Operationen der Urologie 86 Minuten und der Gynäkologie 65 Minuten dauerten. Yi et al. und Abelha et al. konnten herausfinden, dass ausgedehnte Operationen das Risiko für die Entstehung einer Hypothermie erhöhen (OR = 2,00 [95%-CI 1.32-3.04]) (Yi et al. 2015, Abelha et al. 2005). Es ist davon auszugehen, dass hier in der Abteilung für Herz-Thoraxchirurgie überwiegend ausgedehnte Eingriffe stattfanden. Die Einteilung in große und kleine Operationen beinhaltet hierbei verschiedene Kriterien von Operationen, unter anderem Art der Operation, Lokalisation und Größe der Wundfläche und möglicher Blutverlust. Auch Yang et al. definieren größere Operationen als Risikofaktor und erwähnen insbesondere allgemeinchirurgische Eingriffe (Yang et al. 2015). Beide Quellen sehen auch die Dauer der Anästhesie als Risikofaktor, die ebenfalls mit der Größe und Dauer des operativen Eingriffs ansteigt. Auch eine weitere Quelle konnte im Rahmen einer Studie herausfinden, dass komplexe Operationen neben einem großen Blutverlust wichtige Risikofaktoren sind (Flores-Maldonado et al. 1997).

Weiterhin konnte bei einer Untersuchung an Neugeborenen und Säuglingen von Tander et al. als führende Risikofaktoren für intraoperativen Wärmeverlust ausgedehnte Chirurgie und eine niedrige OP-Saaltemperatur identifiziert werden (Tander et al. 2005). Die Chance, dass es bei großen Operationen zum Wärmeverlust kommt, war bei dieser Studie 2,66 Mal höher als bei kleineren, weniger invasiven Eingriffen und bestätigt somit das Ergebnis der vorliegenden Studie.

Auch der Zugangsweg für Operationen wurde als möglicher Risikofaktor untersucht. Es wurde zwischen Laparotomie, Laparoskopie, Thorakotomie (auch Mini-Thorakotomie), Kraniotomie und anderen (Osteosynthesen, Weichteileingriffe, gefäßchirurgische Eingriffe, diagnostische Eingriffe wie Zystoskopien, Ureterskopien, Hysteroskopien) unterschieden. Dabei zeigte sich eine signifikant erhöhte Inzidenz an Hypothermien bei Thorakotomien und eine vergleichsweise niedrige Inzidenz bei Eingriffen, die der Gruppe „andere Eingriffe“ zugeordnet wurden. Diese Eingriffe gingen in der vorliegenden Untersuchung häufig mit einer kürzeren Eingriffsdauer

einher. Kein Unterschied wurde zwischen Laparoskopien und Laparotomien gefunden. Das bedeutet, bei abdominalen Eingriffen gab es in unserer Untersuchung aus Sicht der Thermoregulationen keinen Vorteil von Laparoskopien gegenüber Laparotomien, wie zunächst angenommen. Auch Laparoskopien gehen mit Wärmeverlusten einher. Bestätigt wird das Ergebnis von Adriani und Moriber, die für laparoskopische versus offene Baueingriffe keinen Unterschied im Temperaturverlauf finden konnten (Adriani und Moriber 2013).

Ursächlich könnte folgender Sachverhalt sein: Wie in anderen Untersuchungen gezeigt werden konnte, führt bereits die Insufflation von CO<sub>2</sub>-Gasen in High-Flow-Raten über einen bestimmten Zeitraum zum Abfall der KKT. Dabei spielt es keine Rolle, ob das Gas erwärmt wird oder nicht (Bessell et al. 1995). Zu ähnlichen Ergebnissen kamen Luck et al., die bei 33 laparoskopischen und 27 offenen chirurgischen Eingriffen den Einfluss des Verfahrens auf die Entstehung der Hypothermie untersuchen. Beide Verfahren unterschieden sich nicht signifikant in Bezug auf die Entstehung einer Hypothermie (Luck et al. 1999). Bei einer weiteren Untersuchung von laparoskopischen und offenen Cholezystektomien wurde festgestellt, dass die Thermoregulation während beider Verfahren annähernd gleich war und aus Sicht des Wärmeverlustes Laparoskopien keinen Benefit gegenüber Laparotomien brachte (Makinen 1997). Das unterstützt die Ergebnisse dieser Arbeit, dass Laparoskopien gegen Laparotomien keinen Benefit hinsichtlich der Thermoregulation bieten.

Die Saaltemperatur während der OP stellte sich ebenfalls als Risikofaktor heraus. Diese wurde in den OP-Sälen mit Raumtemperatur-Messer zu Beginn und Ende jeder Operation gemessen.

Unabhängig von anderen Faktoren ist eine höhere Raumtemperatur ein protektiver Faktor für die perioperative Aufrechterhaltung der KKT. Dies deckt sich mit Angaben aus der Literatur, bei denen sich eine wärmere Saaltemperatur protektiv auf die KKT auswirkt (Odds Ratio 0,67, 95%-Konfidenzintervall 0,51-0,88) (Kongsayreepong et al. 2003).

Andere Quellen bestätigen die Erkenntnisse. Sie beschreiben eine niedrige Raumtemperatur ebenfalls als Risikofaktor (Macario und Dexter 2002, Leslie und Sessler 2003, Tander et al. 2005). Eine Untersuchung an pädiatrischen Patienten, die besonders empfindlich auf niedrige Umgebungstemperaturen reagieren, zeigte, dass

bei vorherrschenden intraoperativen Temperaturen von unter 23,0°C die Chance, intraoperativen Wärmeverlust zu erleiden, doppelt so hoch ist wie in Räumen mit über 23,0°C (Tander et al. 2005). Eine Studie an erwachsenen Patienten, bei denen Patienten in Räumen mit 24,5 +/- 0,4°C und 21,3 +/- 0,3°C operiert wurden, konnten ebenfalls eine Korrelation zwischen intraoperativem Wärmeverlust und kalten OP-Sälen aufzeigen (Frank et al. 1992).

Weiterhin wurde in einer Studie bei Knie- und Hüftendoprothesen, der Effekt vorgewärmter Operationssäle auf die Entwicklung einer Hypothermie untersucht (Deren et al. 2011). Dabei wurde bei Patienten in vorgewärmten Räumen (24,0°C) eine signifikant höhere KKT vor begonnener aktiver Erwärmung und zu Beginn der Operation registriert.

Auf Grund des vielfach gefundenen Zusammenhangs zwischen Operationssaaltemperatur und Häufigkeit der Entstehung einer Hypothermie wird in den aktuellen Leitlinien zur Prävention eine Temperatur von mindestens 21°C für Erwachsene und 24°C für Kinder empfohlen (Torossian et al. 2015).

Als weiterer Risikofaktor wurde die Zeit von der Anästhesie-Freigabe bis zum Schnitt identifiziert. In dieser Zeitspanne werden präoperative Vorbereitungen ergriffen. Es erfolgt meist die Entkleidung des Patienten, optimale Lagerung auf dem Operationstisch, steriles Abwaschen mit dem konsekutiven Wärmeverlust durch die Verdunstung des Desinfektionsmittels und das sterile Abdecken des Operationsgebietes. Solange der Patient noch nicht vollständig steril abgedeckt ist, findet in dieser Zeit oft auf Grund von Bedenken hinsichtlich Infektionsgefahr noch keine aktive Erwärmung statt.

Mit längerer Zeitdauer steigt in der vorliegenden Studie signifikant das Risiko für eine Hypothermie. Dies lässt sich damit erklären, dass bei Anästhesiefreigabe und damit beendeter Narkoseeinleitung bereits erwähnte Effekte auf den Wärmehaushalt mit Wärmeverlusten von 0,5-2,0°C in der ersten Stunde (Fiedler 2001) zum Tragen kommen. Deshalb muss in diesem Zeitraum eine engmaschige Kontrolle des Wärmehaushaltes erfolgen und adäquate Wärmemaßnahmen eingesetzt werden.

Zusammenfassend wurden hinsichtlich der OP-Bedingungen eine lange OP-Dauer, ausgedehnte Eingriffe der Herz-Thorax-Chirurgie, eine niedrige Saaltemperatur zum Schnitt und zur Naht und eine längere Zeit von der Anästhesie-Freigabe bis zum Schnitt identifiziert.



## 5.5 Methodenkritik und Limitationen

Bei der vorliegenden Studie wurden unterschiedliche Wärmemaßnahmen miteinander kombiniert. Es handelte sich um eine rein observative Studie. Die Indikation zur Anwendung von aktiven oder passiven Wärmemaßnahmen erfolgte ausschließlich durch das betreuende Anästhesieteam, alle Patienten wurden mit mindestens einer Maßnahme gewärmt. Eine fehlende Information ist beispielsweise die Temperatur des Warm Touch. Dort ist die Einstellung verschiedener Wärmestufen, anhängig vom Gerät, möglich, sodass nicht bekannt ist, mit welcher Temperatur die Patienten gewärmt wurden. Ein weiterer Grund für die erschwerte Vergleichbarkeit mit anderen Studien ist die Tatsache, dass unbekannt ist, wieviel Prozent der Körperoberfläche der Patienten gewärmt wurde. Dies ist abhängig von der Art und dem Ausmaß des operativen Eingriffs. Manche Operationen lassen es nicht zu, einen prozentual hohen Anteil zu wärmen, sodass es bei ausgedehnten Operationen trotz Anwendung adäquater Wärmemaßnahmen zu starken Temperatursenkungen kommen kann, da nur ein kleiner Teil der Körperoberfläche gewärmt wird und ein großer Anteil der Körperoberfläche frei liegt und Wärme verliert. Weiterhin zu kritisieren ist die Dokumentation der Informationen zur Wärmetherapie. Es wurde gewissenhaft die Art der Wärmemaßnahmen notiert, jedoch nicht der Zeitpunkt des Beginns und die Gesamtdauer. Es ist davon auszugehen, dass passive Isolation durchgehend durch Wärmedecken stattfand. Der Start- und Endpunkt der aktiven Erwärmung mittels Warm Touch, die jeweils eingestellte Temperatur, das Stattfinden eines adäquaten Pre-Warmings und eventuelle Wärmepausen wurden nicht detailliert notiert. Das könnte die Erklärung der Diskrepanz der Ergebnisse zu den anderen Studien sein. Eine mögliche Fehlerquelle dieser Arbeit ist weiterhin die Wahl der Patientenzahl. Konfidenzintervalle und p-Werte sind immer vom Stichprobenumfang abhängig. Steigt die Anzahl der Stichproben, so wird der p-Wert kleiner und das Konfidenzintervall schmaler, das Ergebnis wird möglicherweise signifikant. Im Vergleich mit anderen Studien liegt der Stichprobenumfang in unserer Studie allerdings im oberen Bereich. Weitere mögliche Fehlerquelle dieser Arbeit ist die Wahl der Messmethode. Die Messmethode wurde so gewählt, damit bereits präoperativ die Temperaturmessung begonnen werden kann und seitens der Patienten toleriert wird. Um eine Vergleichbarkeit in den Messungen zu haben, wurde folglich auch intraoperativ die aurikuläre Temperatur gemessen und nicht auf andere, verfügbare Messarten zurückgegriffen. Die aurikuläre Messung gibt die KKT allerdings nicht so exakt wieder wie

invasive Messungen beispielsweise in der Arteria pulmonalis. Starke Behaarung der Ohren, enge äußere Gehörgänge oder Intoleranz seitens der Patienten könnten die Werte verfälscht haben. Somit stellt sich auf die Frage der Vergleichbarkeit der Studien, da häufig andere Messmethoden angewendet wurden und diese unterschiedlich störanfällig sind. Die aktuellen Leitlinien empfehlen daher zumindest eine kontinuierliche Messung mit derselben Messmethode und demselben Messort (Torossian et al. 2015). Diese Bedingung war bei dieser Studie erfüllt. Eine Studie lässt sich besonders bezüglich der Vergleichbarkeit heranziehen, da sie auch die Temperaturmessung im äußeren Gehörgang anwendete. Abelha et al. identifizierten die Länge der Operation, Größe und Umfang des chirurgischen Eingriffs, Anästhesiedauer und vor allem die Kombination aus Allgemein- und rückenmarksnaher Anästhesie als Risikofaktoren für die Entstehung einer Hypothermie. In dieser Studie wurde ebenfalls die tympanitische Temperatur präoperativ, zur Verlegung auf die Intensivstation und in regelmäßigen Abständen postoperativ gemessen. Da die Messmethoden sich hier gleichen, lässt sich die Studie unterstützend für die Ergebnisse dieser Arbeit verwenden.

Als Instrument zur Erfassung von Komorbiditäten wurde der Charlson-Komorbiditätsindex erfasst. Dieser beinhaltet nur spezielle Vorerkrankungen der einzelnen Organsysteme. Einige Erkrankungen mit potentielltem Einfluss auf die Entwicklung einer perioperativen Hypothermie wie z.B. Hypertonie werden damit nicht erfasst. Entsprechende Aussagen sind damit im Rahmen der vorliegenden Studie nicht möglich. Außerdem ist es nicht möglich, die Patienten nach Vorhandensein von speziellen Vorerkrankungen, zum Beispiel Diabetes mellitus, auszuwerten.

## **6 Schlussfolgerung**

Die vorliegende prospektive, observative Kohortenstudie untersuchte die Inzidenz und Risikofaktoren perioperativer, akzidentieller Hypothermie am Universitätsklinikum in Jena.

Perioperative Hypothermie ist ein in der Literatur mit unterschiedlicher Inzidenz angegebenes Phänomen. Die Gesamtinzidenz in unserer Studie betrug 32,8%.

Bei den Patientencharakteristika war die Inzidenz der Hypothermie weder vom Geschlecht, noch vom Patientenalter abhängig. Auch ein niedriger BMI konnte im Gegensatz zu Literaturangaben nicht mit einem Inzidenzanstieg in Verbindung gebracht werden.

Als eindeutige Risikofaktoren stellten sich im Rahmen der Patientencharakteristika nur die ASA-Klassifikation>I und eine niedrige Körpertemperatur zum Zeitpunkt des Einschleusens heraus. Diese korrelierten eindeutig mit der intraoperativen Auskühlung.

Auch die Wahl der Narkoseform hatte einen starken Effekt. Bei Kombination von Allgemein- und regionalanästhetischen Verfahren kommt es signifikant häufiger zur Hypothermie. Dabei spielt es in der Allgemeinanästhesie keine Rolle, ob eine Narkose mit volatilen oder intravenösen Anästhetika geführt wird. Die Anwendung einer Regionalanästhesie ging mit einer niedrigeren Hypothermierate einher.

Bei den verwendeten Wärmemaßnahmen konnte kein Benefit aktiver Wärmemethoden herausgearbeitet werden. Allerdings wurden in dieser Studie die meisten Patienten bereits aktiv gewärmt. Entsprechend sollten in Anlehnung an einschlägige Leitlinien alle Patienten, deren operativer Eingriff länger als 30 Minuten dauert, gewärmt werden (Putzu et al. 2007) (Torossian et al. 2015). Bei Patienten, deren Operationen länger als 60 Minuten dauern, sollte damit bereits präoperativ begonnen werden (Torossian et al. 2015).

Als Risikofaktoren für eine perioperative Hypothermie stellten sich eine niedrige Raumtemperatur während der Operation und bestimmte operative Fächer bzw. die damit verbundenen Zugangswege für die OP heraus. Dabei wirkt eine Raumtemperatur von >23,0°C protektiv, während vor allem Eingriffe in der Herz-Thoraxchirurgie risikobehaftet für eine Hypothermie sind.

Die Länge des Zeitraumes von der Anästhesiefreigabe bis zum Schnitt stellte ebenfalls einen Risikofaktor dar. In diesem Zeitraum wirken bereits die anästhesiebedingten

Mechanismen, die einer Auskühlung Vorschub leisten und eine aktive Erwärmung ist oftmals noch nicht möglich.

Insgesamt konnten ASA-Klassifikation >I, niedrige KKT zum Zeitpunkt des Einschleusens, Operationen in der Herz-Thoraxchirurgie, Thorakotomien, die Kombination von Allgemein- und Regionalanästhesie, eine lange OP-Dauer, niedrige Raumtemperatur und eine große Zeitdauer von der Anästhesiefreigabe bis zum Schnitt als Risikofaktoren entdeckt werden.

Im klinischen Setting müssen die Risikofaktoren bekannt sein. Alle Patienten sollten intraoperativ ein Temperaturmonitoring bekommen. Bei Patienten mit Risikofaktoren ist es ratsam, die Temperaturmessung so zeitig wie möglich zu beginnen. Es ist zu empfehlen, dass bereits präoperativ wärmende Maßnahmen ergriffen werden. Lange Zeitdauern von der Anästhesiefreigabe bis zum Schnitt, in der ein Patient hohe Wärmeverluste hat, aber nicht adäquat aktiv gewärmt werden kann, sollten vermieden bzw. so kurz wie möglich gehalten werden.

## **7 Literatur- und Quellenverzeichnis**

- Abelha FJ, Castro MA, Neves AM, Landeiro NM, Santos CC. 2005. Hypothermia in a surgical intensive care unit. *BMC Anesthesiol*, 5:7.
- Adriani MB, Moriber N. 2013. Preoperative forced-air warming combined with intraoperative warming versus intraoperative warming alone in the prevention of hypothermia during gynecologic surgery. *AANA J*, 81 (6):446-451.
- Akata T, Setoguchi H, Shirozu K, Yoshino J. 2007. Reliability of temperatures measured at standard monitoring sites as an index of brain temperature during deep hypothermic cardiopulmonary bypass conducted for thoracic aortic reconstruction. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 133 (6):1559-1565.
- Arrich J, Holzer M, Havel C, Mullner M, Herkner H. 2016. Hypothermia for neuroprotection in adults after cardiopulmonary resuscitation. *Cochrane Database Syst Rev*, 2:CD004128.
- Australian Resuscitation C, New Zealand Resuscitation C. 2011. Therapeutic hypothermia after cardiac arrest. *ARC and NZRC Guideline 2010. Emerg Med Australas*, 23 (3):297-298.
- Bennett J, Ramachandra V, Webster J, Carli F. 1994. Prevention of hypothermia during hip surgery: effect of passive compared with active skin surface warming. *Br J Anaesth*, 73 (2):180-183.
- Berti M, Casati A, Torri G, Aldegheri G, Lugani D, Fanelli G. 1997. Active warming, not passive heat retention, maintains normothermia during combined epidural-general anesthesia for hip and knee arthroplasty. *J Clin Anesth*, 9 (6):482-486.
- Bessell JR, Karatassas A, Patterson JR, Jamieson GG, Maddern GJ. 1995. Hypothermia induced by laparoscopic insufflation. A randomized study in a pig model. *Surg Endosc*, 9 (7):791-796.
- Bierens JJ, Uitslager R, Swenne-van Ingen MM, van Stiphout WA, Knappe JT. 1995. Accidental hypothermia: incidence, risk factors and clinical course of patients admitted to hospital. *Eur J Emerg Med*, 2 (1):38-46.
- Brauer A, Perl T, Singer D. 1998. [Thermoregulation and anesthesia]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 33 (6):383-386.
- Brauer A, Perl T, Quintel M. 2006. [Perioperative thermal management]. *Anaesthesist*, 55 (12):1321-1339; quiz 1340.
- Brauer A, Waeschle RM, Heise D, Perl T, Hinz J, Quintel M, Bauer M. 2010. [Preoperative prewarming as a routine measure. First experiences]. *Anaesthesist*, 59 (9):842-850.
- Buggy DJ, Crossley AW. 2000. Thermoregulation, mild perioperative hypothermia and postanesthetic shivering. *Br J Anaesth*, 84 (5):615-628.
- Burger L, Fitzpatrick J. 2009. Prevention of inadvertent perioperative hypothermia. *Br J Nurs*, 18 (18):1114, 1116-1119.
- Burgess GE, 3rd, Cooper JR, Marino RJ, Peuler MJ. 1978. Continuous monitoring of skin temperature using a liquid-crystal thermometer during anesthesia. *South Med J*, 71 (5):516-518.
- Bush HL, Jr., Hydo LJ, Fischer E, Fantini GA, Silane MF, Barie PS. 1995. Hypothermia during elective abdominal aortic aneurysm repair: the high price of avoidable morbidity. *J Vasc Surg*, 21 (3):392-400; discussion 400-392.
- Butwick AJ, Lipman SS, Carvalho B. 2007. Intraoperative forced air-warming during cesarean delivery under spinal anesthesia does not prevent maternal hypothermia. *Anesth Analg*, 105 (5):1413-1419, table of contents.
- Cheney FW, Posner KL, Caplan RA, Gild WM. 1994. Burns from warming devices in anesthesia. A closed claims analysis. *Anesthesiology*, 80 (4):806-810.

- Chowdhury T, Prabhakar H, Bharati SJ, Goyal K, Dube SK, Singh GP. 2012. Comparison of propofol versus sevoflurane on thermoregulation in patients undergoing transsphenoidal pituitary surgery: A preliminary study. *Saudi J Anaesth*, 6 (1):12-15.
- Chung SH, Lee BS, Yang HJ, Kweon KS, Kim HH, Song J, Shin DW. 2012. Effect of preoperative warming during cesarean section under spinal anesthesia. *Korean J Anesthesiol*, 62 (5):454-460.
- Cramer MN, Jay O. 2016. Biophysical aspects of human thermoregulation during heat stress. *Auton Neurosci*, 196:3-13.
- de Brito Poveda V, Clark AM, Galvao CM. 2013. A systematic review on the effectiveness of prewarming to prevent perioperative hypothermia. *J Clin Nurs*, 22 (7-8):906-918.
- De Witte J, Sessler DI. 2002. Perioperative shivering: physiology and pharmacology. *Anesthesiology*, 96 (2):467-484.
- Deren ME, Machan JT, DiGiovanni CW, Ehrlich MG, Gillerman RG. 2011. Prewarming operating rooms for prevention of intraoperative hypothermia during total knee and hip arthroplasties. *J Arthroplasty*, 26 (8):1380-1386.
- Diaz M, Becker DE. 2010. Thermoregulation: physiological and clinical considerations during sedation and general anesthesia. *Anesth Prog*, 57 (1):25-32; quiz 33-24.
- Doufas AG. 2003. Consequences of inadvertent perioperative hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 17 (4):535-549.
- El-Gamal N, El-Kassabany N, Frank SM, Amar R, Khabar HA, El-Rahmany HK, Okasha AS. 2000. Age-related thermoregulatory differences in a warm operating room environment (approximately 26 degrees C). *Anesth Analg*, 90 (3):694-698.
- Emerick TH, Ozaki M, Sessler DI, Walters K, Schroeder M. 1994. Epidural anesthesia increases apparent leg temperature and decreases the shivering threshold. *Anesthesiology*, 81 (2):289-298.
- Fernandes LA, Braz LG, Koga FA, Kakuda CM, Modolo NS, de Carvalho LR, Vianna PT, Braz JR. 2012. Comparison of peri-operative core temperature in obese and non-obese patients. *Anaesthesia*, 67 (12):1364-1369.
- Fiedler MA. 2001. Thermoregulation: anesthetic and perioperative concerns. *AANA J*, 69 (6):485-491.
- Flores-Maldonado A, Guzman-Llenez Y, Castaneda-Zarate S, Pech-Colli J, Alvarez-Nemegyei J, Cervera-Saenz M, Canto-Rubio A, Terrazas-Olguin MA. 1997. Risk factors for mild intraoperative hypothermia. *Arch Med Res*, 28 (4):587-590.
- Forbes SS, Eskicioglu C, Nathens AB, Fenech DS, Laflamme C, McLean RF, McLeod RS, Best Practice in General Surgery Committee UoT. 2009. Evidence-based guidelines for prevention of perioperative hypothermia. *J Am Coll Surg*, 209 (4):492-503 e491.
- Fox LK, Flegal MC, Kuhlman SM. 2008. Principles of anesthesia monitoring--body temperature. *J Invest Surg*, 21 (6):373-374.
- Frank SM, El-Rahmany HK, Cattaneo CG, Barnes RA. 2000. Predictors of hypothermia during spinal anesthesia. *Anesthesiology*, 92 (5):1330-1334.
- Frank SM, Beattie C, Christopherson R, Norris EJ, Rock P, Parker S, Kimball AW, Jr. 1992. Epidural versus general anesthesia, ambient operating room temperature, and patient age as predictors of inadvertent hypothermia. *Anesthesiology*, 77 (2):252-257.
- Frank SM, Fleisher LA, Breslow MJ, Higgins MS, Olson KF, Kelly S, Beattie C. 1997. Perioperative maintenance of normothermia reduces the incidence of morbid cardiac events. A randomized clinical trial. *JAMA*, 277 (14):1127-1134.

- Giuliano KK, Hendricks J. 2017. Inadvertent Perioperative Hypothermia: Current Nursing Knowledge. *AORN J*, 105 (5):453-463.
- Han SB, Gwak MS, Choi SJ, Ko JS, Kim GS, Son HJ, Shin JC. 2014. Risk factors for inadvertent hypothermia during adult living-donor liver transplantation. *Transplant Proc*, 46 (3):705-708.
- Hart SR, Bordes B, Hart J, Corsino D, Harmon D. 2011. Unintended perioperative hypothermia. *Ochsner J*, 11 (3):259-270.
- Heier T, Caldwell JE, Sessler DI, Miller RD. 1991. Mild intraoperative hypothermia increases duration of action and spontaneous recovery of vecuronium blockade during nitrous oxide-isoflurane anesthesia in humans. *Anesthesiology*, 74 (5):815-819.
- Horn EP, Torossian A. 2010. [Prevention of perioperative hypothermia]. *Anesthesiol Intensivmed Notfallmed Schmerzther*, 45 (3):160-167.
- Horn EP, Sessler DI, Standl T, Schroeder F, Bartz HJ, Beyer JC, Schulte am Esch J. 1998. Non-thermoregulatory shivering in patients recovering from isoflurane or desflurane anesthesia. *Anesthesiology*, 89 (4):878-886.
- Ihn CH, Joo JD, Chung HS, Choi JW, Kim DW, Jeon YS, Kim YS, Choi WY. 2008. Comparison of three warming devices for the prevention of core hypothermia and post-anaesthesia shivering. *J Int Med Res*, 36 (5):923-931.
- Ikeda T, Sessler DI, Kikura M, Kazama T, Ikeda K, Sato S. 1999. Less core hypothermia when anesthesia is induced with inhaled sevoflurane than with intravenous propofol. *Anesth Analg*, 88 (4):921-924.
- Ivanov KP, Ermakova, II. 1983. [Efficiency of the physiological changes of heat conduction and heat mass transfer in human skin during thermoregulation]. *Fiziol Zh SSSR Im I M Sechenova*, 69 (2):247-251.
- Jeyadoss J, Thiruvengkatarajan V, Watts RW, Sullivan T, van Wijk RM. 2013. Intraoperative hypothermia is associated with an increased intensive care unit length-of-stay in patients undergoing elective open abdominal aortic aneurysm surgery: a retrospective cohort study. *Anaesth Intensive Care*, 41 (6):759-764.
- Jo YY, Chang YJ, Kim YB, Lee S, Kwak HJ. 2015. Effect of Preoperative Forced-Air Warming on Hypothermia in Elderly Patients Undergoing Transurethral Resection of the Prostate. *Urol J*, 12 (5):2366-2370.
- John M, Crook D, Dasari K, Eljelani F, El-Haboby A, Harper CM. 2016. Comparison of resistive heating and forced-air warming to prevent inadvertent perioperative hypothermia. *Br J Anaesth*, 116 (2):249-254.
- Jonsson K, Jensen JA, Goodson WH, 3rd, Scheuenstuhl H, West J, Hopf HW, Hunt TK. 1991. Tissue oxygenation, anemia, and perfusion in relation to wound healing in surgical patients. *Ann Surg*, 214 (5):605-613.
- Joris J, Ozaki M, Sessler DI, Hardy AF, Lamy M, McGuire J, Blanchard D, Schroeder M, Moayeri A. 1994. Epidural anesthesia impairs both central and peripheral thermoregulatory control during general anesthesia. *Anesthesiology*, 80 (2):268-277.
- Jung KT, Kim SH, Lee HY, Jung JD, Yu BS, Lim KJ, So KY, Lee JY, An TH. 2014. Effect on thermoregulatory responses in patients undergoing a tympanoplasty in accordance to the anesthetic techniques during PEEP: a comparison between inhalation anesthesia with desflurane and TIVA. *Korean J Anesthesiol*, 67 (1):32-37.
- Just B, Trevien V, Delva E, Lienhart A. 1993. Prevention of intraoperative hypothermia by preoperative skin-surface warming. *Anesthesiology*, 79 (2):214-218.

- Karalapillai D, Story DA, Calzavacca P, Licari E, Liu YL, Hart GK. 2009. Inadvertent hypothermia and mortality in postoperative intensive care patients: retrospective audit of 5050 patients. *Anaesthesia*, 64 (9):968-972.
- Kasai T, Hirose M, Matsukawa T, Takamata A, Tanaka Y. 2003. The vasoconstriction threshold is increased in obese patients during general anaesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*, 47 (5):588-592.
- Kasai T, Hirose M, Yaegashi K, Matsukawa T, Takamata A, Tanaka Y. 2002. Preoperative risk factors of intraoperative hypothermia in major surgery under general anesthesia. *Anesth Analg*, 95 (5):1381-1383, table of contents.
- Kettner SC, Sitzwohl C, Zimpfer M, Kozek SA, Holzer A, Spiss CK, Illievich UM. 2003. The effect of graded hypothermia (36 degrees C-32 degrees C) on hemostasis in anesthetized patients without surgical trauma. *Anesth Analg*, 96 (6):1772-1776, table of contents.
- Kioko PM, Olang P, Mwangi C, Chokwe T. 2013. The Incidence and Risk Factors for Intra-Operative Hypothermia among Paediatric Patients Undergoing General Anaesthesia at the Kenyatta National Hospital. *East Afr Med J*, 90 (8):241-247.
- Kongsayreepong S, Chaibundit C, Chadpaibool J, Komoltri C, Suraseranivongse S, Suwannanonda P, Raksamanee EO, Noocharoen P, Silapadech A, Parakkamodom S, Pum-In C, Sojeoyya L. 2003. Predictor of core hypothermia and the surgical intensive care unit. *Anesth Analg*, 96 (3):826-833, table of contents.
- Kurz A. 2008. Physiology of thermoregulation. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 22 (4):627-644.
- Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R. 1996. Perioperative normothermia to reduce the incidence of surgical-wound infection and shorten hospitalization. Study of Wound Infection and Temperature Group. *N Engl J Med*, 334 (19):1209-1215.
- Kurz A, Sessler DI, Schroeder M, Kurz M. 1993. Thermoregulatory response thresholds during spinal anesthesia. *Anesth Analg*, 77 (4):721-726.
- Leijtens B, Koeter M, Kremers K, Koeter S. 2013. High incidence of postoperative hypothermia in total knee and total hip arthroplasty: a prospective observational study. *J Arthroplasty*, 28 (6):895-898.
- Lenhardt R. 2010. The effect of anesthesia on body temperature control. *Front Biosci (Schol Ed)*, 2:1145-1154.
- Lenhardt R, Marker E, Goll V, Tschernich H, Kurz A, Sessler DI, Narzt E, Lackner F. 1997. Mild intraoperative hypothermia prolongs postanesthetic recovery. *Anesthesiology*, 87 (6):1318-1323.
- Leslie K, Sessler DI. 2003. Perioperative hypothermia in the high-risk surgical patient. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 17 (4):485-498.
- Leslie K, Sessler DI, Bjorksten AR, Moayeri A. 1995. Mild hypothermia alters propofol pharmacokinetics and increases the duration of action of atracurium. *Anesth Analg*, 80 (5):1007-1014.
- Lindwall R, Svensson H, Soderstrom S, Blomqvist H. 1998. Forced air warming and intraoperative hypothermia. *Eur J Surg*, 164 (1):13-16.
- Long KC, Tanner EJ, Frey M, Leitao MM, Jr., Levine DA, Gardner GJ, Sonoda Y, Abu-Rustum NR, Barakat RR, Chi DS. 2013. Intraoperative hypothermia during primary surgical cytoreduction for advanced ovarian cancer: risk factors and associations with postoperative morbidity. *Gynecol Oncol*, 131 (3):525-530.
- Luck AJ, Moyes D, Maddern GJ, Hewett PJ. 1999. Core temperature changes during open and laparoscopic colorectal surgery. *Surg Endosc*, 13 (5):480-483.



- Luna GK, Maier RV, Pavlin EG, Anardi D, Copass MK, Oreskovich MR. 1987. Incidence and effect of hypothermia in seriously injured patients. *J Trauma*, 27 (9):1014-1018.
- Lynch S, Dixon J, Leary D. 2010. Reducing the risk of unplanned perioperative hypothermia. *AORN J*, 92 (5):553-562; quiz 563-555.
- Macario A, Dexter F. 2002. What are the most important risk factors for a patient's developing intraoperative hypothermia? *Anesth Analg*, 94 (1):215-220, table of contents.
- Macario A, Weinger M, Carney S, Kim A. 1999. Which clinical anesthesia outcomes are important to avoid? The perspective of patients. *Anesth Analg*, 89 (3):652-658.
- Makinen MT. 1997. Comparison of body temperature changes during laparoscopic and open cholecystectomy. *Acta Anaesthesiol Scand*, 41 (6):736-740.
- Matsukawa T, Sessler DI, Sessler AM, Schroeder M, Ozaki M, Kurz A, Cheng C. 1995. Heat flow and distribution during induction of general anesthesia. *Anesthesiology*, 82 (3):662-673.
- Mehta OH, Barclay KL. 2014. Perioperative hypothermia in patients undergoing major colorectal surgery. *ANZ J Surg*, 84 (7-8):550-555.
- Melling AC, Ali B, Scott EM, Leaper DJ. 2001. Effects of preoperative warming on the incidence of wound infection after clean surgery: a randomised controlled trial. *Lancet*, 358 (9285):876-880.
- Michelson AD, MacGregor H, Barnard MR, Kestin AS, Rohrer MJ, Valeri CR. 1994. Reversible inhibition of human platelet activation by hypothermia in vivo and in vitro. *Thromb Haemost*, 71 (5):633-640.
- Moola S, Lockwood C. 2011. Effectiveness of strategies for the management and/or prevention of hypothermia within the adult perioperative environment. *Int J Evid Based Healthc*, 9 (4):337-345.
- Moretti B, Larocca AM, Napoli C, Martinelli D, Paolillo L, Cassano M, Notarnicola A, Moretti L, Pesce V. 2009. Active warming systems to maintain perioperative normothermia in hip replacement surgery: a therapeutic aid or a vector of infection? *J Hosp Infect*, 73 (1):58-63.
- Nakajima Y, Mizobe T, Takamata A, Tanaka Y. 2000. Baroreflex modulation of peripheral vasoconstriction during progressive hypothermia in anesthetized humans. *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*, 279 (4):R1430-1436.
- Nieh HC, Su SF. 2016. Meta-analysis: effectiveness of forced-air warming for prevention of perioperative hypothermia in surgical patients. *J Adv Nurs*.
- Ozaki M, Kurz A, Sessler DI, Lenhardt R, Schroeder M, Moayeri A, Noyes KM, Rotheneder E. 1994. Thermoregulatory thresholds during epidural and spinal anesthesia. *Anesthesiology*, 81 (2):282-288.
- Pietsch AP, Lindenblatt N, Klar E. 2007. [Perioperative hypothermia. Impact on wound healing]. *Anaesthesist*, 56 (9):936-939.
- Putzu M, Casati A, Berti M, Pagliarini G, Fanelli G. 2007. Clinical complications, monitoring and management of perioperative mild hypothermia: anesthesiological features. *Acta Biomed*, 78 (3):163-169.
- Reynolds L, Beckmann J, Kurz A. 2008. Perioperative complications of hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 22 (4):645-657.
- Satas S, Haaland K, Thoresen M, Steen PA. 1996. MAC for halothane and isoflurane during normothermia and hypothermia in the newborn piglet. *Acta Anaesthesiol Scand*, 40 (4):452-456.

- Schmied H, Kurz A, Sessler DI, Kozek S, Reiter A. 1996. Mild hypothermia increases blood loss and transfusion requirements during total hip arthroplasty. *Lancet*, 347 (8997):289-292.
- Schoer G, Messmer M. 1999. [Perioperative hypothermia]. *Anaesthesist*, 48 (12):931-943.
- Sessler DI. 2008. Temperature monitoring and perioperative thermoregulation. *Anesthesiology*, 109 (2):318-338.
- Sessler DI. 2016. Perioperative thermoregulation and heat balance. *Lancet*, 387 (10038):2655-2664.
- Sessler DI, Schroeder M, Merrifield B, Matsukawa T, Cheng C. 1995. Optimal duration and temperature of prewarming. *Anesthesiology*, 82 (3):674-681.
- Sessler DL. 1996. Shivering during epidural anesthesia. *Acta Anaesthesiol Scand*, 40 (3):393-394.
- Shimokawa M, Kitaguchi K, Kawaguchi M, Sakamoto T, Kakimoto M, Furuya H. 2003. The influence of induced hypothermia for hemostatic function on temperature-adjusted measurements in rabbits. *Anesth Analg*, 96 (4):1209-1213, table of contents.
- Sigg DC, Houlton AJ, Iazzo PA. 1999. The potential for increased risk of infection due to the reuse of convective air-warming/cooling coverlets. *Acta Anaesthesiol Scand*, 43 (2):173-176.
- Smith CE, Desai R, Glorioso V, Cooper A, Pinchak AC, Hagen KF. 1998. Preventing hypothermia: convective and intravenous fluid warming versus convective warming alone. *J Clin Anesth*, 10 (5):380-385.
- Sund-Levander M, Forsberg C, Wahren LK. 2002. Normal oral, rectal, tympanic and axillary body temperature in adult men and women: a systematic literature review. *Scand J Caring Sci*, 16 (2):122-128.
- Tander B, Baris S, Karakaya D, Ariturk E, Rizalar R, Bernay F. 2005. Risk factors influencing inadvertent hypothermia in infants and neonates during anesthesia. *Paediatr Anaesth*, 15 (7):574-579.
- Torossian A. 2008. Thermal management during anaesthesia and thermoregulation standards for the prevention of inadvertent perioperative hypothermia. *Best Pract Res Clin Anaesthesiol*, 22 (4):659-668.
- Torossian A, Group TS. 2007. Survey on intraoperative temperature management in Europe. *Eur J Anaesthesiol*, 24 (8):668-675.
- Torossian A, Brauer A, Hocker J, Bein B, Wulf H, Horn EP. 2015. Preventing inadvertent perioperative hypothermia. *Dtsch Arztebl Int*, 112 (10):166-172.
- Torossian A, Van Gerven E, Geertsens K, Horn B, Van de Velde M, Raeder J. 2016. Active perioperative patient warming using a self-warming blanket (BARRIER EasyWarm) is superior to passive thermal insulation: a multinational, multicenter, randomized trial. *J Clin Anesth*, 34:547-554.
- Tumia N, Ashcroft GP. 2002. Convection warmers--a possible source of contamination in laminar airflow operating theatres? *J Hosp Infect*, 52 (3):171-174.
- Vanni SM, Braz JR, Modolo NS, Amorim RB, Rodrigues GR, Jr. 2003. Preoperative combined with intraoperative skin-surface warming avoids hypothermia caused by general anesthesia and surgery. *J Clin Anesth*, 15 (2):119-125.
- Wenisch C, Narzt E, Sessler DI, Parschalk B, Lenhardt R, Kurz A, Graninger W. 1996. Mild intraoperative hypothermia reduces production of reactive oxygen intermediates by polymorphonuclear leukocytes. *Anesth Analg*, 82 (4):810-816.
- Wetz AJ, Perl T, Brandes IF, Harden M, Bauer M, Brauer A. 2016. Unexpectedly high incidence of hypothermia before induction of anesthesia in elective surgical patients. *J Clin Anesth*, 34:282-289.

- Winkler M, Akca O, Birkenberg B, Hetz H, Scheck T, Arkilic CF, Kabon B, Marker E, Grubl A, Czepan R, Greher M, Goll V, Gottsauner-Wolf F, Kurz A, Sessler DI. 2000. Aggressive warming reduces blood loss during hip arthroplasty. *Anesth Analg*, 91 (4):978-984.
- Yamakage M, Kamada Y, Honma Y, Tsujiguchi N, Namiki A. 2000. Predictive variables of hypothermia in the early phase of general anesthesia. *Anesth Analg*, 90 (2):456-459.
- Yang L, Huang CY, Zhou ZB, Wen ZS, Zhang GR, Liu KX, Huang WQ. 2015. Risk factors for hypothermia in patients under general anesthesia: Is there a drawback of laminar airflow operating rooms? A prospective cohort study. *Int J Surg*, 21:14-17.
- Yi J, Xiang Z, Deng X, Fan T, Fu R, Geng W, Guo R, He N, Li C, Li L, Li M, Li T, Tian M, Wang G, Wang L, Wang T, Wu A, Wu D, Xue X, Xu M, Yang X, Yang Z, Yuan J, Zhao Q, Zhou G, Zuo M, Pan S, Zhan L, Yao M, Huang Y. 2015. Incidence of Inadvertent Intraoperative Hypothermia and Its Risk Factors in Patients Undergoing General Anesthesia in Beijing: A Prospective Regional Survey. *PLoS One*, 10 (9):e0136136.
- Yoo HS, Park SW, Yi JW, Kwon MI, Rhee YG. 2009. The effect of forced-air warming during arthroscopic shoulder surgery with general anesthesia. *Arthroscopy*, 25 (5):510-514.
- Yu T, Yang Z, Li H, Ding Y, Huang Z, Li Y. 2015. Short Duration Combined Mild Hypothermia Improves Resuscitation Outcomes in a Porcine Model of Prolonged Cardiac Arrest. *Biomed Res Int*, 2015:279192.
- Zink RS, Iaizzo PA. 1993. Convective warming therapy does not increase the risk of wound contamination in the operating room. *Anesth Analg*, 76 (1):50-53.

## **8 Anhang**

### **8.1 Abbildungsverzeichnis**

		Seite
Abb.1	Mechanismen der perioperativen Wärmeabgabe	11
Abb.2	Typischer Temperaturverlauf während der Allgemeinanästhesie	12
Abb.3	Temperaturverlauf bei Narkosen mit Enfluran und Enfluran in Kombination mit Epiduralanästhesie	14
Abb.4	Mittelwerte und Standardabweichung der KKT im Verlauf	25
Abb.5	Geschlechterabhängige Inzidenz der Hypothermie	26
Abb.6	Altersverteilung der Patienten mit und ohne Hypothermie unter Berücksichtigung der Mittelwerte und 95%-Konfidenzintervalle	27
Abb.7	Inzidenz der Hypothermie in verschiedenen Altersklassen	28
Abb.8	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit vom BMI (kg/ m <sup>2</sup> )	29
Abb.9	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit von Vorerkrankungen	30
Abb.10	Einordnung der Probanden nach Punktevergabe im Charlson-Komorbiditätsindex in %	31
Abb.11	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der ASA-Klassifikation	33
Abb.12	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der KKT zum Zeitpunkt des Einschleusens	34
Abb.13	Mittelwerte und Standardabweichung der KKT im Verlauf in Abhängigkeit von den Narkoseverfahren	36
Abb.14	Risiko der Hypothermie bei balancierter Anästhesie versus TIVA	37
Abb.15	Risiko der Hypothermie abhängig von der Wahl der Wärmemethoden	38
Abb.16	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Dauer	39

Abb.17	OP-Dauer unter Berücksichtigung des Auftretens von Hypothermie mit Mittelwerten und 95%-Konfidenzintervallen	40
Abb.18	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Saaltemperatur zum Schnitt	43
Abb.19	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Saaltemperatur zur Naht	44
Abb.20	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Anästhesiebeginn	45
Abb.21	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zur Anästhesiefreigabe	46
Abb.22	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Schnitt	47
Abb.23	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Zeitdauer bis zum Beginn AWR/ITS	48
Abb.24	Inzidenz der Hypothermie und Länge der Zeitdauer bis zur Verlegung auf Normalstation	49

## 8.2 Tabellenverzeichnis

		Seite
Tab.1	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der Vorerkrankungen im Charlson-Komorbiditätsindex	32
Tab.2	Zuordnung der Patienten zur ASA-Klassifikation	33
Tab.3	Risiko für Hypothermie in Abhängigkeit von den Narkoseverfahren	35
Tab.4	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit der OP-Indikation	39
Tab.5	Risiko für perioperative Hypothermie in den einzelnen Fachabteilungen	41
Tab.6	Inzidenz der Hypothermie in Abhängigkeit des chirurgischen Zugangsweges	42

## 8.3 Patientenfragebogen

### 1) Fachgebiet

☐ AVC
 ☐ HTC
 ☐ UCH
 ☐ NCH
 ☐ Urologie
 ☐ Gynäkologie

### 2) Patientendaten

Name: ..... Geschlecht: ☐ weiblich ☐ männlich

Geb.datum: ..... Größe: ..... cm Gewicht: ..... kg BMI: .....kg/m<sup>2</sup>

### 3) Vorerkrankungen

Erkrankung	zutreffend	nicht zutreffend
Herzinfarkt <sup>GEK1</sup>		
Herzinsuffizienz <sup>GEK2</sup>		
pAVK (periphere arterielle Verschlusskrankheit) GEK3		
cerebrovaskuläre Erkrankungen <sup>GEK4</sup>		
Demenz <sup>GEK5</sup>		
chronische Lungenerkrankung <sup>GEK6</sup>		
Kollagenose <sup>GEK7</sup>		
Ulkuskrankheit (GI-Trakt) <sup>GEK8</sup>		
leichte Lebererkrankung <sup>GEK9</sup>		
mäßig schwere und schwere Lebererkrankung <sup>GEK10</sup>		
Diabetes mellitus (ohne Endorganschäden) <sup>GEK11</sup>		
Diabetes mellitus (mit Endorganschäden) <sup>GEK12</sup>		
Hemiplegie (dauerhaft)		
mäßig schwere und schwere Nierenerkrankung <sup>GEK13</sup>		
Tumorerkrankungen <sup>GEK14</sup>		
Leukämie <sup>GEK15</sup>		
Lymphom <sup>GEK16</sup>		
metastasierender solider Tumor		
AIDS		

#### 4) ASA-Klassifikation

☐ 1                      ☐ 2                      ☐ 3                      ☐ 4                      ☐ 5

#### 5) Narkose-/OP - Bedingungen

a) Indikation/Dringlichkeit:

☐ elektiv                                      ☐ dringlich                                      ☐ Notfall

b) Narkoseart:

☐ Allgemeinanästhesie  
☐ Regionalanästhesie:    ☐ rückenmarksnah                      ☐ Leitungsanästhesie                      ☐ lokale A.  
☐ kombinierte Anästhesie

c) Narkosemedikamente:

☐ balancierte Anästhesie  
☐ TIVA  
☐ Analgesie, welche: .....  
☐ Hypnose, welche: .....  
☐ Muskelrelaxation, welche: .....  
☐ Lokalanästhesie, .....

d) Operationsdauer:

☐ 0-30 min              ☐ 30-60 min              ☐ 60-120 min              ☐ 120 – 240 min              ☐ über 240 min  
☐ exakte OP-Dauer: .....

e) Art der OP:

OPS-Code: .....

f) Saal-Nummer:

.....

g) Saaltemperatur:

☐ zum Schnitt: .....°C  
☐ zur Naht: .....°C



h) Intraoperative Wärmetherapie:

- ☐ o Decke: ☐ Oberkörper-Decke ☐ Decke für untere Extremitäten ☐ Ganzkörperdecke  
o Warm Touch  
o Wärmematte  
o andere, .....

- o Beginn Wärmetherapie: .....Uhr  
o Ende Wärmetherapie: .....Uhr

i) Methode der Temperaturmessung:

- o sublingual  
o nasale  
o orale  
o aurikulär  
o rektal  
o andere, .....

j) Perioperativer Blutverlust:

- o .....ml

k) Infusionstherapie:

- o .....ml

l) Notizen

## 6) Körpertemperatur

	Uhrzeit	Körpertemperatur in °C (sublingual)	Körpertemperatur in °C (Gehörgang)
Einschleusen/Behandlungsbeginn			
Anästhesie- Beginn			
Freigabe/Saaleintritt			
OP- Maßnahmen –Beginn			
Schnitt			
Intraoperativ nach 30 min			
Intraoperativ nach 60 min			
Intraoperativ nach 120 min			
Intraoperativ nach 180 min			
Intraoperativ nach 240 min			
Intraoperativ nach 300 min			
Intraoperativ nach 360 min			
Intraoperativ nach 420 min			
Intraoperativ nach 480 min			
Naht			
OP- Maßnahmen Ende			
Saalaustritt			
Anästhesie-Ende			
OP-Verlass			
Beginn Aufwachraum/ITS			
Ende Aufwachraum/ITS			

## 8.4 Charlson-Komorbiditätsindex

Erkrankung	Bewertung	Punkte
Herzinfarkt <sup>1</sup>	1	
Herzinsuffizienz <sup>2</sup>	1	
pAVK (periphere arterielle Verschlusskrankheit) <sup>3</sup>	1	
cerebrovaskuläre Erkrankungen <sup>4</sup>	1	
Demenz <sup>5</sup>	1	
chronische Lungenerkrankung <sup>6</sup>	1	
Kollagenose <sup>7</sup>	1	
Ulkuskrankheit (GI-Trakt) <sup>8</sup>	1	
leichte Lebererkrankung <sup>9</sup>	1	
mäßig schwere und schwere Lebererkrankung <sup>10</sup>	3	
Diabetes mellitus (ohne Endorganschäden) <sup>11</sup>	1	
Diabetes mellitus (mit Endorganschäden) <sup>12</sup>	2	
Hemiplegie (dauerhaft)	2	
mäßig schwere und schwere Nierenerkrankung <sup>13</sup>	2	
Tumorerkrankungen <sup>14</sup>	2	
Leukämie <sup>15</sup>	2	
Lymphom <sup>16</sup>	2	
metastasierender solider Tumor	6	
AIDS	6	

1. Patienten mit Hospitalisierung wegen elektrokardiographisch und/oder enzymatisch nachgewiesenem Herzinfarkt
2. Patienten mit nächtlicher oder durch Anstrengung induzierte Dyspnoe mit Besserung der Symptomatik unter Therapie
3. Patienten mit claudicatio intermittens, nach peripherer Bypass-Versorgung, mit akutem arteriellem Verschluss oder Gangrän sowie nicht versorgtem abdominellen oder thorakalen Aortenaneurysma >6cm
4. Patienten mit TIA oder Apoplex ohne schwerwiegenden Residuen
5. Patienten mit chronischem kognitiven Defizit
6. Patienten mit pulmonal bedingter Dyspnoe bei leichter oder mäßig schwerer Belastung ohne Therapie oder Patienten mit anfallsweiser Dyspnoe (Asthma)
7. Polymyalgie rheumatica, Lupus erythematodes, schwere rheumatoide Arthritis, Polymyositis
8. Patienten die bereits einmal wegen Ulcera behandelt wurden
9. Leberzirrhose ohne portale Hypertonie
10. Leberzirrhose mit portaler Hypertonie ohne stattgehabte Blutung und Patienten mit Varizenblutung in der Anamnese
11. Patienten mit Diab. mell. und medikamentöser Therapie
12. oder zurückliegender Krankenhausaufnahmen wegen hyperosmolarem Koma oder Ketoazidose
13. Dialysepflichtigkeit oder Kreatinin >3mg/dl
14. Sämtliche solide Tumore ohne Metastasennachweis innerhalb der letzten fünf Jahre
15. Akute und chronische Leukosen
16. Hodgkin und Non-Hodgkin-Lymphome, multiples Myelom

## **8.5 Danksagung**

Ich bedanke mich ganz herzlich bei allen, die es mir ermöglichen haben, diese Arbeit zu verfassen. Mein besonderer Dank gilt PD Dr. med. Andreas Kortgen für die Bereitstellung dieses sehr interessanten Themas, für die nachfolgende Betreuung und die Geduld, trotz hoher Belastung im Klinikalltag.

Weiterhin bedanke ich mich bei Dr. med. Stefan Hagel für die vielen Anregungen zum Thema.

Des Weiteren bedanke ich mich bei meiner Mama, die mir regelmäßig schon während des Studiums mit aufmunternden und anregenden Worten bei Seite stand und meinem Partner für den unermüdlichen Zuspruch, die Fürsorge und Unterstützung.

Ein herzlicher Dank gilt außerdem den Ärzten und Pflegekräften der Anästhesie und Intensivstation, sowie den Patienten für die Teilnahme an der Studie.

## **8.6 Ehrenwörtliche Erklärung**

Hiermit erkläre ich durch meine eigenhändige Unterschrift, dass mir die Promotionsordnung der Medizinischen Fakultät der Friedrich-Schiller-Universität bekannt ist, ich die Dissertation selbst angefertigt habe und alle von mir benutzten Hilfsmittel, persönlichen Mitteilungen und Quellen in meiner Arbeit angegeben sind.

Weiterhin erkläre ich, dass die Hilfe eines Promotionsberaters nicht in Anspruch genommen wurde und Dritte weder unmittelbar noch mittelbar geldwerte Leistungen von mir für Arbeiten erhalten haben, die im Zusammenhang mit dem Inhalt der vorgelegten Dissertation stehen.

Ich habe die Dissertation noch nicht als Prüfungsarbeit für eine staatliche oder andere wissenschaftliche Prüfung oder die gleiche, in weiten Teilen ähnliche oder eine andere Abhandlung bei einer anderen Hochschule als Dissertation eingereicht.

---

Ort, Datum

---

Unterschrift des Verfassers